



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DISSERTAÇÃO

**ÓLEOS ESSENCIAIS E FUNGOS NO MANEJO DE MOSCA-DAS-FRUTAS (*Ceratitis capitata*) (WIED, 1824) E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DE FRUTOS DA
GOIABEIRA**

KENNEDY SANTOS GONZAGA

AREIA - PB

FEVEREIRO - 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ÓLEOS ESSENCIAIS E FUNGOS NO MANEJO DE MOSCA-DAS-FRUTAS (*Ceratitis capitata*) (WIED, 1824) E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DE FRUTOS DA GOIABEIRA

KENNEDY SANTOS GONZAGA

Sob a Orientação do Professor
Carlos Henrique de Brito

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração Agricultura Tropical.

AREIA - PB

FEVEREIRO - 2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G6426 Gonzaga, Kennedy Santos.

ÓLEOS ESSENCIAIS E FUNGOS NO MANEJO DE MOSCA-DAS-FRUTAS
(Ceratitis capitata) (WIED, 1824) E INFLUÊNCIA NA
QUALIDADE DE FRUTOS DA GOIABEIRA / Kennedy Santos
Gonzaga. - Areia, 2019.

60 f. : il.

Orientação: Carlos Henrique de Brito.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Bioinseticidas, Controle Biológico, Repelência. I.
Brito, Carlos Henrique de. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICAÇÃO DE APROVAÇÃO

ÓLEOS ESSENCIAIS E FUNGOS NO MANEJO DE MOSCA-DAS-FRUTAS (*Ceratitis capitata*) (WIED, 1824) E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DE FRUTOS DA GOIABEIRA

AUTOR: KENNEDY SANTOS GONZAGA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em Agronomia (Agricultura Tropical) pela comissão organizadora:



Prof. Dr. Carlos Henrique de Brito – DCB/CCA/UFPB
(Orientador)



Prof. Dr. Jacinto de Luna Batista – DFCA/CCA/UFPB



Prof. Dr. Leonardo Dantas da Silva – CCHSA/UFPB

Data da realização: 26/02/2019

Presidente da Comissão Organizadora
Dr. Carlos Henrique de Brito
(Orientador)

“As coisas velhas já passaram;
eis que tudo se fez novo”

2Co 5:17

Aos meus pais,
Edileuza Santos da Silva
José Valdenio Gonzaga

DEDICO

Agradecimentos

À Deus, pela dádiva da vida, concedendo-me saúde e fé.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do CCA da UFPB, pela oportunidade da realização do curso.

A CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

À minha família, por ser minha base em todos os momentos, em especial, minha irmã Livia Ferraz e meus avós Carmem e Zé Mendes.

À minha namorada, Larissa Lins, pelo apoio, paciência e companheirismo.

Ao meu orientador, Carlos Henrique de Brito, pela confiança, amizade e ensinamentos.

A todos os colegas do Laboratório de Zoologia de Invertebrados (LABZOO Invertebrados), em especial, Angélica Salustino, Maria Ítala, Lylian Ribeiro, Rosangela Miranda, Joálisson Gonçalves e Sonia Lopes.

Aos colegas do Laboratório de Entomologia (LEN), especialmente ao Professor Jacinto de Luna Batista, Antônio Carlos Leite, Gemerson Oliveira, Izabela Nunes, Paulo Henrique Cartaxo e Heloisa Martins.

Aos meus amigos de longa data, em especial, Rayan Reges, Murilo Chavier, Rodrigo Marinho, Geovane Melo, Michely Santos e João Paulo Oliveira.

A todos os colegas da pós-graduação, em especial, Toshik Iarley e Assys Mota.

Aos técnicos do Laboratório de Zoologia de Invertebrados (LABZOO Invertebrados), Damásio Araújo e Rubervânia Moura.

A todos os professores do PPGA, por todo aprendizado compartilhado.

À Universidade Federal da Paraíba – UFPB, pela formação de profissionais qualificados.

À ASPLAN - Associação de Plantadores de cana-de-açúcar da Paraíba.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

GONZAGA, K. S. ÓLEOS ESSENCIAIS E FUNGOS NO MANEJO DE MOSCA-DAS-FRUTAS (*Ceratitis capitata*) (WIED, 1824) E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DE FRUTOS DA GOIABEIRA. Areia - Paraíba: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, fevereiro, 2019, 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Resumo Geral

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas, com uma produção da ordem de mais de 41 milhões de toneladas por ano. Contudo, diversas pragas são responsáveis por causarem impactos negativos à fruticultura brasileira, merecendo destaque os prejuízos causados pela mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (WIED, 1824). As fêmeas depositam seus ovos nos frutos, que serão recurso alimentar para as larvas em desenvolvimento, causando danos significativos na qualidade destes. Novas técnicas de controle de pragas, como o uso de produtos naturais, vêm sendo desenvolvidos, principalmente por sua eficácia e degradabilidade. Este trabalho é composto por dois artigos científicos. O primeiro artigo avalia a ação inseticida de óleos essenciais e fungos entomopatogênicos sobre diferentes estágios de desenvolvimento da mosca-das-frutas, o segundo; verifica o poder de repelência dos óleos sobre a fase adulta dos insetos e avalia a composição química dos frutos de goiabaira *Psidium guajava* L. variedade “Paluma” tratados com os óleos essenciais. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Zoologia de Invertebrados pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Foram utilizados óleos essenciais de Citronela, Cravo e Copaíba e isolados das espécies *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*. Efetuaram-se aplicações tópicas de 2,0 µL de cada produto/concentração com auxílio de micropipeta em larvas de 1º, 2º e 3º ínstar e pupas. Não houve diferença significativa entre os diferentes tipos de óleos (citronela, cravo e copaíba) sobre a mortalidade de larvas e pupas, quando as larvas foram tratadas nos 1º e 2º ínstar. Quando tratadas no 3º ínstar, houve efeito significativo sobre a mortalidade das pupas. O aumento na concentração do óleo de citronela aumentou continuamente o potencial de repelência. A aplicação dos óleos essenciais não influenciou negativamente na qualidade dos frutos.

Palavras-chave: Bioinseticidas, Controle Biológico, Repelência.

GONZAGA, K. S. **ESSENTIAL OILS AND FUNGI IN FRUIT FLY MANAGEMENT (*Ceratitis capitata*) (WIED, 1824) AND INFLUENCE ON GOVERNMENT FRUIT QUALITY.** Areia - Paraíba: Center for Agricultural Sciences, Federal University of Paraíba, February, 2019, 60p. Dissertation (Master in Agronomy). Postgraduate Program in Agronomy.

General Abstract

Brazil is one of the world's largest fruit producers, with a production of more than 41 million tons per year. However, several pests are responsible for causing negative impacts on Brazilian fruit crops, notably the damage caused by fruit fly *Ceratitis capitata* (WIED, 1824). Females lay their eggs in the fruits, which will be a food resource for the developing larvae, causing significant damage to their quality. New pest control techniques, such as the use of natural products, have been developed, mainly for their effectiveness and degradability. This work consists of two scientific articles. The first article evaluates the insecticidal action of essential oils and entomopathogenic fungi on different stages of fruit fly development, the second; verifies the repellent power of oils on the adult phase of insects and evaluates the chemical composition of guava fruits *Psidium guajava* L. variety "Paluma" treated with essential oils. The research was conducted at the Invertebrate Zoology Laboratory belonging to the Center of Agrarian Sciences of the Federal University of Paraíba. Citronella, Carnation and Copaíba essential oils and isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* were used. Topical applications of 2.0 µL of each product/concentration with micropipette aid were performed on 1st, 2nd and 3rd instar larvae and pupae. There was no significant difference between the different types of oils (citronella, clove and copaíba) on larval and pupal mortality when the larvae were treated in the 1st and 2nd instar. When treated in the 3rd instar, there was a significant effect on pupal mortality. The increase in citronella oil concentration continuously increased the repelling potential. The application of essential oils did not negatively influence fruit quality.

Keywords: Bioinsecticides, Biological Control, Repellency.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS INTERAÇÕES COM FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, 1912 E *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, 1883

- Figura 1.** Mortalidade de Larvas (MLC, ‘C’ indica que a probabilidade de morte foi corrigida com base na mortalidade do controle), Moratalidade de Pupas (MPC, ‘C’ indica que a probabilidade de mortalidade foi corrigida com base na mortalidade do controle) e Mortalidade total (M total, MLC + MPC) de mosca-das-frutas (*C. capitata*) tratadas com diferentes concentrações de óleos de Citronela, Cravo e Copaíba no 1° (A) e 2° (B) Ínstar 27
- Figura 2.** Mortalidade Corrigida das Larvas (MLC) e mortalidade de Pupas (MPC) de mosca-das-frutas (*C. capitata*) tratadas com diferentes concentrações de óleos de Citronela (A), Cravo (B) e Copaíba (C) no 3° Ínstar 29
- Figura 3.** Mortalidade das Larvas Corrigida (MLC) de mosca-das-frutas (*C. capitata*) tratadas no 3° Ínstar com diferentes concentrações de óleos de Citronela, Cravo, Copaíba e fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana* 30
- Figura 4.** Motalidade Corrigida das Pupas (MPC) de mosca-das-frutas (*C. capitata*) tratadas com diferentes concentrações de óleos de Citronela (Ci), Cravo (Cr) e Copaíba (Co) e fungos *M. anisopliae* (A) e *B. bassiana* (B) 31

ARTIGO II

REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE *Psidium guajava* L. ‘PALUMA’

- Figura 1.** Apresentação do esquema organizado da arena para confinamento dos adultos de *C. capitata* 44
- Figura2.** Repelência de mosca-das-frutas determinada pelo percentual de moscas que visitaram os frutos tratados com um dos diferentes tipos de óleos (Citronela, cravo e Copaíba), nas suas diferentes concentrações e durante o tempo de exposição 46

Figura 3. Perda de massa de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>)	47
Figura 4. Coloração de Casca (L*) de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>) em função do tempo de armazenamento	48
Figura 5. Coloração de Casca (a*) de frutos de Goiaba em função do tempo de armazenamento (5- A) e tratamento com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>) (5-B)	49
Figura 6. Coloração de Casca (b*) de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>) em função do tipo de tratamento	49
Figura 7. pH da casca (7-A) e da polpa (7-B) de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>).....	50
Figura 8. Sólidos solúveis de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>) em função do tempo de armazenamento	51
Figura 9. Acidez titulável da casca de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>)	52
Figura 10. Acidez titulável da polpa de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de moscas-das-frutas (<i>C. capitata</i>) em função do tempo de armazenamento	53
Figura 11. Teor de ácido ascórbico da casca de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>).....	53
Figura 12. Teor de ácido ascórbico na polpa de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>).....	54

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS INTERAÇÕES COM FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, 1912 E *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, 1883

Tabela 1. Dieta artificial para o desenvolvimento larval de <i>C. Capitata</i>	23
Tabela 2. Valores de P ($Pr > F$) para os efeitos dos Óleos, Concentração e Óleos vs Concentração sobre a Mortalidade de Larvas (ML) e Mortalidade de Pupas (MP) de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>) tratadas no 1º, 2º e 3º ínstar e de Pupas tratadas no estágio pupal	26
Tabela 3. Concentrações Letais (CL_{50}) (IC 5%) de óleos de Citronela, Cravo e Copaíba estimadas para larvas e pupas de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>) tratadas no 1º, 2º e 3º ínstar e para pupas tratadas no estágio pupal	27
Tabela 4. Valores de P ($Pr > F$) para os efeitos dos Óleos, Concentração, Fungo e a interação destes fatores sobre a Mortalidade de larvas tratadas no 3º ínstar e Mortalidade de Pupas tratadas no estágio pupal de <i>C. capitata</i>	31
Tabela 5. Concentrações Letais (CL_{50}) (IC 5%) de óleos de Citonela, Cravo e Copaíba associados com fungos <i>M. anisopliae</i> ou <i>M. anisopliae</i> para larvas e pupas de mosca-das-frutas (<i>C. capitata</i>) tratadas no 3º ínstar e quando pupas respectivamente.....	32

ARTIGO II

REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE *Psidium guajava* L. “PALUMA”

Tabela 1. Dieta artificial para o desenvolvimento larval de <i>C. Capitata</i>	43
---	----

SUMÁRIO

ÓLEOS ESSENCIAIS E FUNGOS NO MANEJO DE MOSCA-DAS-FRUTAS (*Ceratitis capitata*) (WIED, 1824) E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DE FRUTOS DA GOIABEIRA

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REFERÊNCIAS	16

ARTIGO I

ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS INTERAÇÕES COM FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, 1912 E *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, 1883

RESUMO	19
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1. Criação e Manutenção de <i>Ceratitis capitata</i>	22
2.2. Atividade Inseticida.....	23
2.2.1 Aplicação Tópica dos Óleos Essenciais sobre <i>Ceratitis capitata</i>	23
2.2.2. Aplicação Tópica de Óleos Essenciais Adicionados de Fungos Entomopatogênicos sobre <i>Ceratitis capitata</i>	234
2.3. Análise Estatística	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1. Aplicação Tópica dos Óleos Essenciais sobre <i>Ceratitis capitata</i>	25
3.2. Aplicação Tópica de Óleos Essenciais Adicionados de Fungos Entomopatogênicos sobre <i>Ceratitis capitata</i>	30
4. CONCLUSÕES.....	32
5. REFERÊNCIAS	323

ARTIGO II

REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE *Psidium guajava* L. 'PALUMA'

RESUMO	39
ABSTRACT	40
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.1. Criação e Manutenção de <i>Ceratitis capitata</i>	42

2.2. Ensaio de Repelência com Chance de Escolha	43
2.2.1. Análise estatística	44
2.3. Análise Físico-Química dos Frutos	44
2.3.1. Análise estatística.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1. Ensaio de Repelência com Chance de Escolha	45
3.2. Análise físico-química dos frutos	47
4. CONCLUSÕES.....	55
5. REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil figura como o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma produção da ordem de mais de 41 milhões de toneladas por ano e uma área de cultivo de aproximadamente 2 milhões de hectares, sendo a produção destinada principalmente para abastecer o mercado interno (Pio et al., 2019). Diversas pragas são responsáveis por causarem impactos negativos à fruticultura, estando a mosca-das-frutas, *Ceratitis capitata* (Wied. 1824) (Diptera: Tephritidae), entre os insetos praga mais danosos economicamente a esse seguimento produtivo (Lozano-Tovar et al., 2015; Grové et al., 2019).

As moscas-das-frutas se alimentam durante o período larval da polpa dos frutos, causando assim danos diretos e criando um espaço favorável para a entrada de patógenos. Ademais, os orifícios causados pela oviposição podem causar cicatrizes, o que reduz a qualidade dos frutos e podem inviabilizar seu aproveitamento e comercialização (Follett et al., 2019). Os impactos econômicos incluem ainda a queda de produtividade e o aumento dos custos de produção devido ao manejo e maior aplicação de inseticidas; a ocorrência de *C. capitata* em uma região representa ainda um fator limitante no comércio internacional de produtos agrícolas frescos (Toledo et al., 2017; Grové et al., 2019).

As atuais estratégias de controle de *C. capitata* em campo são extremamente dependentes do uso de inseticidas de amplo espectro, normalmente associadas à utilização de iscas de alimentos que visam principalmente atrair os insetos adultos (Oviedo et al., 2018). Todavia, nem sempre esse controle é efetivo, dessa forma algumas estratégias vêm sendo estudadas para o controle dessa praga de forma hábil e ambientalmente correta, como por exemplo, o uso de fungos entomopatogênicos do gênero *Beauveria* e *Metarhizium* (Rhodes et al., 2018) e o uso de óleos essenciais (Oviedo et al., 2018). Essas alternativas são extremamente importantes, principalmente no caso de pomares orgânicos, aonde o controle de *C. capitata* é particularmente difícil, por não ser permitido o uso de inseticidas químicos (Ghabbari et al., 2018). Deve-se destacar o uso desses produtos também como um esforço para desenvolver ferramentas racionais de manejo de pragas, substituindo produtos químicos sintéticos de amplo espectro por bioinseticidas ambientalmente eficazes (Oviedo et al., 2018).

O uso de fungos entomopatogênicos tem ganhado cada vez mais espaço no controle biológico de pragas, mostrando-se como uma estratégia eficaz e viável nos mais diversos sistemas agrícolas (Toledo et al., 2017). Estudos como o de Bedini et al. (2018) confirmam o potencial do uso de espécies de fungos do gênero *Beauveria* como bioinseticida em iscas

protéicas para o controle de *C. capitata*. Para o gênero *Metarhizium*, os resultados obtidos por Yousef et al. (2014) e Lozano-Tovar et al. (2015) também demonstram o potencial desse gênero no controle da referida praga.

Os óleos essenciais são uma fonte natural de metabólitos secundários de plantas, constituídos por substâncias químicas aromáticas, principalmente monoterpenos e sesquiterpenos (Niogret; Epsky, 2018). O acúmulo de evidências científicas sobre as propriedades tóxicas desses metabólitos e suas interações com insetos herbívoros, especialmente aqueles tidos como insetos praga, tem levado a triagem de óleos essenciais de diversas espécies, visto a necessidade do desenvolvimento de compostos inseticidas mais seguros e o desenvolvimento de novas estratégias de controle de pragas (Papanastasiou, et al., 2017). Estudos como os de Ruiz et al. (2014), Oviedo et al. (2018) e Ghabbari et al. (2018) vem demonstrando a eficiência de óleos essenciais de diversas plantas no controle de *C. capitata*. Nguefack et al. (2012) estudaram o nível de sinergismo e/ou antagonismo entre algumas frações de óleos essenciais contra cepas produtoras de micotoxinas de *Penicillium expansum*, pesquisas como essas constituem uma base para o uso de óleos essenciais como conservantes de alimentos e devem ser complementados por outros trabalhos, como a avaliação da influência do pH. No entanto, estudos quanto à aplicação desses produtos em diversas regiões do Brasil ainda são escassos, sendo necessário assim o desenvolvimento de novos estudos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar a ação inseticida de óleos essenciais e fungos entomopatogênicos sobre diferentes estágios de desenvolvimento da mosca-das-frutas *C. capitata*; verificar o poder de repelência dos óleos sobre a fase adulta dos insetos e analisar a composição química dos frutos de goiabeira *Psidium guajava* L. variedade “Paluma” tratados com os óleos essenciais.

2. REFERÊNCIAS

- BEDINI, S.; SARROCCO, S.; BARONCELLI, R.; VANNACCI, G.; CONTI, B. Pathogenic potential of *Beauveria pseudo bassiana* as bioinsecticide in protein baits for the control of the medfly *Ceratitis capitata*. **Bulletin of Insectology**, v. 71, n. 1, p. 31-38, 2018.
- FOLLETT, P. A.; JAMIESON, L.; HAMILTON, L.; WALL, M. New associations and host status: Infestability of kiwifruit by the fruit fly species *Bactrocera dorsalis*, *Zeugodacus cucurbitae*, and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Crop Protection**, v. 115, p. 113-121, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.09.007>.
- GHABBARI, M.; GUARINO, S.; CALECA, V.; SAIANO, F.; SINACORI, M.; BASER, N.; JEMÂA, J. M.; VERDE, G. L. Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 2, p. 907-917, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0952-6>.
- GROVÉ, T.; JAGER, K.; THELEDI, M. L. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) and *Thaumatotibia leucotreta* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) associated with fruit of the family Myrtaceae Juss. In South Africa. **Crop Protection**, v. 116, p. 24-32, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.10.008>.
- LOZANO-TOVAR, M. D.; GARRIDO-JURADO, I.; LAFONT, F.; QUESADA-MORAGA, E. Insecticidal activity of a destruxin-containing extract of *Metarhizium brunneum* against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 2, p. 462-472, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/tov041>.
- NIOGRET, J.; EPSKY, N. D. Attraction of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Sterile Males to Essential Oils: The Importance of Linalool. **Environmental entomology**, v. 47, n. 5, p. 1287-1292, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/nvy096>.
- NGUEFACK, J.; TAMGUE, O.; DONGMO, J. L.; DAKOLE, C. D.; LETH, V.; VISMER, H. F.; NKENGFACK, A. E. Synergistic action between fractions of essential oils from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against *Penicillium expansum*. **Food Control**, v. 23, n. 2, p. 377-383, 2012. DOI: [https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.foodcont.2011.08.002](https://doi.org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.foodcont.2011.08.002)

OVIEDO, A.; VAN NIEUWENHOVE, G.; VAN NIEUWENHOVE, C.; RULL, J. Biopesticide effects on pupae and adult mortality of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Austral Entomology**, v. 57, n. 4, p. 457-464, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/aen.12296>.

PAPANASTASIOU, S. A.; BALI, E. M. D.; IOANNOU, C. S.; PAPACHRISTOS, D. P.; ZARPAS, K. D.; PAPADOPOULOS, N. T. Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*). **PloS one**, v. 12, n. 5, p. e0177837, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177837>.

PIO, R.; SOUZA, F. B. M. D.; KALCSITS, L.; BISI, R. B.; FARIAS, D. D. H. Advances in the production of temperate fruits in the tropics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, p. e39549, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0191>.

RHODES, E. M.; AVERY, P. B.; LIBURD, O. E. Efficacy of entomopathogenic fungal products for biological control of spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) under laboratory conditions. **Florida Entomologist**, v. 101, n. 3, p. 526-529, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.101.0329>.

RUIZ, M. J.; JUAREZ, M. L.; ALZOGARAY, R. A.; ARRIGHI, F.; ARROYO, L.; GASTAMINZA, G.; WILLINK, E.; BARDÓN, A. V.; VERA, T. Toxic effect of citrus peel constituents on *Anastrepha fraterculus* Wiedemann and *Ceratitis capitata* Wiedemann immature stages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 41, p. 10084-10091, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf503063b>.

TOLEDO, J.; FLORES, S.; CAMPOS, S.; VILLASEÑOR, A.; ENKERLIN, W.; LIEDO, P.; VALLE A.; MONTOYA, P. Pathogenicity of three formulations of *Beauveria bassiana* and efficacy of autoinoculation devices and sterile fruit fly males for dissemination of conidia for the control of *Ceratitis capitata*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 164, n. 3, p. 340-349, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12608>.

YOUSEF, M.; GARRIDO-JURADO, I.; QUESADA-MORAGA, E. One *Metarhizium brunneum* strain, two uses to control *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 5, p. 1736-1744, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC14201>.

ARTIGO I

**ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS
INTERAÇÕES COM FUNGOS ENTOMOPATOGENICOS *Beauveria bassiana* (Bals.)
Vuillemin, 1912 E *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, 1883**

ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS INTERAÇÕES COM FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, 1912 E *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, 1883

RESUMO

A elevada demanda mercadológica por frutas frescas durante todo o ano incentiva os agricultores brasileiros a produzirem fora do período de safra; todavia, o aumento das áreas plantadas e as mudanças no sistema de produção favorecem o surgimento de diversos problemas fitossanitários, entre eles a ocorrência de *Ceratitis capitata*, uma das principais pragas da fruticultura mundial. Nos últimos anos, esforços vêm se concentrando no desenvolvimento de métodos eficientes e sustentáveis no controle dessa praga. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a eficiência de óleos essenciais de plantas associados com fungos entomopatogênicos no controle de *C. capitata*. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Zoologia de Invertebrados do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Foram utilizados óleos essenciais de Citronela, Cravo e Copaíba e isolados de fungos das espécies *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*. Efetuaram-se aplicações tópicas de 2,0 µL com auxílio de micropipeta em larvas de 1º, 2º e 3º ínstar e pupas. Não houve diferença significativa na eficiência dos diferentes tipos de óleos (citronela, cravo e copaíba) sobre a mortalidade de larvas e pupas quando as larvas foram tratadas nos 1º e 2º ínstar, respectivamente. As diferentes concentrações de óleos apresentaram efeito significativo sobre a mortalidade das larvas e mortalidade de pupas, quando tratadas nos 1º e 2º ínstar. O fator concentração dos óleos combinados com fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana*, influenciou significativamente a mortalidade das larvas no 3º ínstar. Maiores concentrações de óleo de citronela aumentaram progressivamente a mortalidade das pupas, atingindo a CL50 na concentração de 424 (397-451) mg. mL⁻¹.

Palavras-Chave: Inseticida Botânico, Mosca do Mediterrâneo, Mosca-das-Frutas.

ESSENTIAL OILS IN THE CONTROL OF *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 AND ITS INTERACTIONS WITH ENTOMOPATHOGENIC FUNGI *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, 1912 And *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, 1883

ABSTRACT

The high market demand for fresh fruits throughout the year encourages Brazilian farmers to produce outside the harvest season; However, the increase in planted areas and changes in the production system favor the emergence of several phytosanitary problems, including the occurrence of *Ceratitis capitata*, one of the main pests of the world fruit crop. In recent years, efforts have focused on developing efficient and sustainable methods for controlling this pest. Thus, the objective of this study was to evaluate the efficiency of plant essential oils associated with entomopathogenic fungi in the control of *C. capitata*. The research was carried out at the Invertebrate Zoology Laboratory of the Center for Agricultural Sciences of the Federal University of Paraíba. Citronella, Carnation and Copaíba essential oils and fungi isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* were used. Micropipette topical applications of 2.0 µL were performed on 1st, 2nd and 3rd instar larvae and pupae. There was no significant difference in the efficiency of different types of oils (citronella, carnation and copaiba) on larval and pupal mortality when the larvae were treated at the 1st and 2nd instars, respectively. The different oil concentrations had a significant effect on larval mortality and pupal mortality when treated at the 1st and 2nd instars. The concentration factor of the oils combined with *M. anisopliae* and *B. bassiana* fungi significantly influenced the larval mortality in the 3rd instar. Higher citronella oil concentrations progressively increased pupal mortality, reaching the LC50 at 424 (397-451) mg. mL⁻¹.

Keywords: Botanical Insecticide, Mediterranean Fly, Fruit Fly.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a alta demanda por frutas frescas durante todo o ano incentiva os agricultores a produzirem fora do período de safra; todavia, o aumento das áreas plantadas, assim como as mudanças nos sistemas de produção proporcionam condições favoráveis ao surgimento de problemas fitossanitários (Tavares et al., 2017), como a ocorrência de mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae), considerada a praga mais destrutiva de frutíferas em todo o mundo (Virginio et al., 2017).

A espécie *C. capitata* causa danos graves nas culturas que infesta, levando a perdas quantitativas e qualitativas na produção (Ghabbari et al., 2018). As fêmeas depositam seus ovos nos frutos, que serão recurso alimentar para as larvas em desenvolvimento, causando assim danos significativos na qualidade destes. A alimentação das larvas pode ainda resultar em amadurecimento prematuro e queda de frutos, além de propiciar espaços favoráveis à entrada e proliferação de diversos patógenos, como algumas espécies de fungos (Grové et al., 2019).

O controle de *C. capitata* é realizado na maioria dos pomares por meio do uso de inseticidas convencionais, principalmente a base de organofosfatos e piretróides, no entanto, já se registra resistência dessa praga a esses produtos, além destes ocasionarem toxicidade a organismos benéficos, deixarem resíduos em alimentos e representarem um risco potencial à saúde humana e a qualidade ambiental (Benelli et al., 2012). Dessa forma, estudos relacionados a novas técnicas de controle de pragas, como o uso de produtos naturais vêm sendo desenvolvidos, principalmente por sua eficácia e degradabilidade (Ghabbari et al., 2018).

Entre os agentes naturais eficazes no manejo e controle de *C. capitata* vem se destacando o uso de óleos essenciais (Benelli et al., 2012; Ghabbari et al., 2018) e uso de fungos entomopatogênicos do gênero *Beauveria* (Bedini et al., 2018) e *Metarhizium* (Lozano-Tovar et al., 2015).

Os óleos essenciais compreendem uma ampla gama de metabólitos secundários produzidos pelas plantas, constituídos principalmente por dois grupos fitoquímicos, os terpenóides (monoterpenos e sesquiterpenos), e em menor grau, fenilpropanóides (Regnault-Roger et al., 2012). Trabalhos como os de Papanastasiou, et al. (2017) apontam que a toxicidade de óleos essenciais contra larvas de *C. capitata* está relacionada a aspectos quantitativos e qualitativos dos monoterpenos e sesquiterpenos presentes.

A utilização de fungos entomopatogênicos é uma alternativa eficaz e ambientalmente aceitável, o uso desses agentes pode aumentar os níveis naturais de infecções fúngicas no

campo, reduzindo significativamente as populações de insetos praga (Castrillo et al., 2017). Estudos já evidenciam resultados positivos da associação de óleos essenciais e fungos fitopatogênicos no controle de algumas pragas, como o psíldeo cítrico asiático (*Diaphorina citri*) (Rosas-García et al., 2018) e espécies de ácaro (*Dermanyssus gallinae*) (Immediato et al., 2016). No entanto, estudos que abordem a associação desses fungos e óleos essenciais para o controle de *C. capitata* ainda são escassos.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de óleos essenciais de plantas que apresentam ação inseticida associados com fungos entomopatogênicos no controle de *C. capitata*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Zoologia de Invertebrados (LabZoo Invertebrados) do Departamento de Ciências Biológicas pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB. Foram realizados ensaios de ação inseticida de óleos essenciais e analisado sua interação com fungos entomopatogênicos no controle de *C. capitata*.

Os óleos essenciais utilizados foram de Citronela *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (1899), Cravo *Syzygium aromaticum* (L.) Merrill & Perry (1989) e Copaíba *Copaifera officinalis* L. (1762). Os fungos utilizados foram os isolados das espécies *Metarhizium anisopliae* IDCB425, comercialmente conhecido como Metaplan sob o registro 0915, e de *Beauveria bassiana* IDCB66, atualmente, sem registro e nome comercial, provenientes do Laboratório de Controle Biológico da ASPLAN (Associação de Plantadores de Cana-de-Açúcar da Paraíba), situado em Mamanguape – PB, ambos oriundos do Instituto Biológico de Campinas-SP.

2.1. Criação e Manutenção de *C. capitata*

Os insetos utilizados no experimento foram provenientes da criação estoque alimentados com dieta artificial (Tabela 1), mantida no Laboratório de Zoologia dos Invertebrados da Universidade Federal da Paraíba, CCA, Areia – PB, à temperatura média de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas, conforme métodos descritos por Brito (2007).

Tabela 1. Dieta artificial para o desenvolvimento larval de *C. Capitata*

Ingredientes	Massa (g)
Levedo de cerveja	120,0
Cenoura crua	600,0
Nipagin (Antifúngico)	4,0

Os adultos foram mantidos em gaiolas teladas com *voil*, colocadas sobre bandejas com água para coleta dos ovos. Os adultos eram alimentados diariamente com uma solução de água e mel a 15%, através de um chumaço de algodão colocado na parte superior da gaiola. Os ovos coletados eram colocados sobre a dieta artificial em potes plásticos. A infestação dos ovos na dieta foi feita entre 24 a 48 horas depois da coleta. Após 10 a 15 dias de infestação na dieta, os recipientes contendo as larvas foram transferidos para bandejas plásticas, contendo areia esterilizada para obtenção das pupas, estas, foram transferidas para as gaiolas, reiniciando o ciclo biológico.

2.2. Atividade Inseticida

2.2.1. Aplicação Tópica dos Óleos Essenciais sobre *C. capitata*

Larvas de 1º, 2º, 3º ínstaes e pupas de *C. capitata* foram submetidas a teste de contato tópico. Os óleos essenciais de citronela *C. nardus*, cravo *S. aromaticum* e copaíba *C. officinalis*, foram diluídos em água destilada, obtendo-se as concentrações de 0 (testemunha), 100, 200, 300, 400 e 500 mg. mL⁻¹. Foram realizadas aplicações tópicas de 2,0 µL de cada concentração do produto com auxílio de uma micropipeta na região mediana das pupas, e em toda região dorsal das larvas, cobrindo por completo o corpo desses. Após tratamento, tanto as larvas, que foram transferidas para placas de Petri contendo dieta artificial, quanto as pupas, que forma mantidas em placas de Petri com areia esterilizada, foram acondicionadas em ambiente climatizado, com temperatura de 25 ± 1°C, umidade relativa 70 ± 10 % e fotoperíodo de 12 horas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três produtos (óleos essenciais) e seis concentrações (0, 100, 200, 300, 400 e 500 mg. mL⁻¹), para cada produto/concentração utilizaram-se 10 repetições com cinco insetos (larvas ou pupas).

Avaliou-se a toxicidade dos óleos essenciais nos intervalos de 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos produtos, contando-se o número de larvas mortas. A avaliação das pupas ocorreu

sete dias após a aplicação dos produtos, tempo pré-estabelecido como o máximo para emergência normal dos adultos.

2.2.2. Aplicação Tópica de Óleos Essenciais Adicionados de Fungos Entomopatogênicos sobre *C. capitata*

Nesse experimento foram utilizadas larvas de 3º ínstar e pupas submetidas a teste de contato tópico. Assim, os óleos essenciais de citronela *C. nardus*, cravo *S. aromaticum* e copaíba *C. officinalis*, foram diluídos em água destilada, obtendo-se as concentrações de 0 (testemunha), 100, 200, 300, 400 e 500 mg. mL⁻¹, e acrescentado para cada concentração 5,0 g dos isolados das espécies *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*, com viabilidade superior a 90 % e concentração de 1,4x10⁹ conídios viáveis do fungo/g, segundo recomendações da ASPLAN. Foram realizadas aplicações tópicas de 2,0 µL de cada produto/concentração com auxílio de uma micropipeta na região compreendida entre a parte posterior e anterior das pupas, e em toda região dorsal das larvas, cobrindo por completo o corpo da larva. Após tratamento, tanto as larvas, que foram transferidas para placas de Petri contendo dieta artificial, quanto as pupas, que foram mantidas em placas de Petri com areia esterilizada, foram acondicionadas em ambiente climatizado, com temperatura de 25 ± 1°C, umidade relativa 70 ± 10 % e fotoperíodo de 12 horas.

As avaliações para verificação do efeito dos óleos contendo as suspensões fúngicas em diferentes concentrações foram realizadas a cada 24 horas, por um período de 14 dias, nos tratamentos compostos por larvas de 3º ínstar; e a cada sete dias, por um período de duas semanas, para os tratamentos compostos por pupas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três produtos (óleos essenciais), seis concentrações (0, 100, 200, 300, 400 e 500 mg. mL⁻¹) e uma concentração de cada fungo (5g), para cada produto/concentração utilizaram-se 10 repetições com cinco insetos (larvas ou pupas).

Os parâmetros avaliados foram mortalidade na fase larval e mortalidade das pupas. As pupas e larvas mortas foram lavadas em água destilada (Moino Jr.; Alves, 1997), transferidas para placas de Petri fechadas com umidade mantida por meio de algodão embebido em água destilada, alojadas em sala climatizada à temperatura de 25 ± 1°C, umidade relativa do ar de 70 ± 10% e fotofase de 12h, para confirmação (esporulação do fungo) do agente causal.

2.3. Análise Estatística

As estimativas de mortalidade (Probit) aplicada nos tópicos (2.2.1 e 2.2.2) foram corrigidas pela fórmula de Abbott (1925) como segue:

$$MC = (Mt - Mc) / (100 - Mc) \times 100$$

Onde: *MC* é a mortalidade corrigida em função da mortalidade estimada para o tratamento controle; *Mt* é mortalidade estimada para o tratamento com óleo; *Mc* é mortalidade estimada para o tratamento controle.

Foram ainda determinadas as Concentrações Letais 50% (CL₅₀) obedecendo a efeito significativo na ANOVA ($P \leq 5\%$) e dose-resposta satisfatória.

Os resultados foram submetidos a análise de variância utilizando-se modelo linear generalizado, considerando-se a distribuição Binomial e o Link Function = Logit. Utilizou-se o software estatístico SAS® University Edition (2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Aplicação Tópica dos Óleos Essenciais sobre *C. capitata*

Não houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os diferentes tipos de óleos (citronela, cravo e copaíba) sobre a mortalidade de larvas ($P = 0,9670$; $P = 0,8584$) e pupas ($P = 0,1616$; $P = 0,3854$), quando as larvas foram tratadas nos 1º e 2º ínstaes, respectivamente (Tabela 2). No entanto, independentemente do tipo de óleo aplicado, houve efeito significativo das diferentes concentrações de óleos ($P = <.0001$) sobre a mortalidade das larvas e mortalidade de pupas, quando tratadas nos 1º e 2º ínstaes. El-Minshawy et al. (2018), ao avaliar o efeito de monoterpenos aromáticos, derivados de espécies vegetais, constataram que as larvas de *Bactrocera zonata*, principalmente no 1º e 2º ínstaes, apresentaram redução significativa na população, conforme elevação das concentrações aplicadas.

Quando tratadas no 3º ínstar, não houve diferenças significativas para os tipos de óleos ($P = 0,9999$) e concentrações ($P = 0,3673$) sobre a mortalidade das larvas ($0,27 \pm 0,59$, nº médio de indivíduos mortos), mas houve efeito significativo sobre a mortalidade das pupas, tanto de óleos ($P = <.0001$) quanto suas concentrações ($P = <.0001$). Em pesquisas relacionadas, Khan et al. (2015) avaliaram o efeito larvicida e retardador do desenvolvimento do extrato *Otostegia limbata* em larvas de 3º ínstar de *Drosophila melanogaster* e constataram a gradual diminuição da mortalidade das larvas a medida que diminuía a concentração do extrato aplicado, ainda destacaram que após a exposição ao extrato muitas larvas não atingiram a fase de pupa. Desta

forma, a mortalidade das pupas pode estar relacionada com efeito residual dos óleos aplicados nas fases anteriores. Swevers et al. (2004) descrevem alguns compostos químicos de plantas, em especial da família *Lamiaceae*, inibidores da Ecdisona conhecidos como Ecdisteróides que controlam o crescimento larval e apresentam toxicidade contra várias espécies de Diptera e Lepidoptera.

Ainda na Tabela 2, observa-se que não houve efeito dos óleos ou de suas diferentes concentrações sobre a mortalidade das pupas quando tratadas no estágio de pupa ($0,84 \pm 1,2$, n° médio de indivíduos mortos). A não efetividade dos tratamentos neste estágio de desenvolvimento é resultante da proteção proporcionada pelo pupário. Entretanto, os óleos essenciais podem penetrar ovo e fases imaturas através do tegumento do inseto (Parreira et al., 2018).

Tabela 2. Valores de P ($Pr > F$) para os efeitos dos Óleos, Concentração e Óleos vs Concentração sobre a Mortalidade de Larvas (ML) e Moratalidade de Pupas (MP) de mosca-das-frutas (*C. capitata*) tratadas no 1°, 2° e 3° ínstar e de Pupas tratadas no estágio pupal.

Fonte de variação	1° Ínstar		2° Ínstar		3° Ínstar		Pupa
	ML	MP	ML	MP	ML	MP	MP
Óleos	0.9670	0.1616	0.8584	0.3854	0.9999	<.0001	1.0000
Concentração	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.3673	<.0001	0.8522
Óleo vs Concentração	0.7410	0.9060	0.8705	0.4627	0.3068	0.2308	0.3080
Mortalidade (n° médio de indivíduos \pm DP) *	0,27 \pm 0,59					0,84 \pm 1,2	

* n° médio de indivíduos mortos \pm desvio padrão (DP) estão apresentados para variáveis onde nenhum dos fatores em estudo demonstraram efeito significativo

O efeito não significativo dos diferentes tipos de óleos sobre larvas tratadas nos 1° e 2° ínstars indica que os óleos essenciais de citronela, cravo e copaíba exercem os mesmos efeitos sobre a mortalidade das larvas e mortalidade das pupas de *C. capitata*, nas condições em que foram conduzidos os ensaios. Neste sentido, maiores concentrações de óleos essenciais, independentemente do tipo de óleo, promoveram maiores probabilidades de mortes de larvas e mortalidade de pupas, quando tratadas nos 1° e 2° ínstars (Figuras 1 A e B, respectivamente).

Adicionalmente, a mortalidade de pupas foi sempre superior a mortalidade das larvas, atingindo 50% dos indivíduos (Concentração Letal 50% - CL₅₀) nas concentrações de 497 (sem limites de intervalo de confiança) e 452 (427-477) mg de óleo.mL⁻¹ nos 1° e 2° ínstars respectivamente, quando tratadas com o óleo de cravo (Tabela 3).

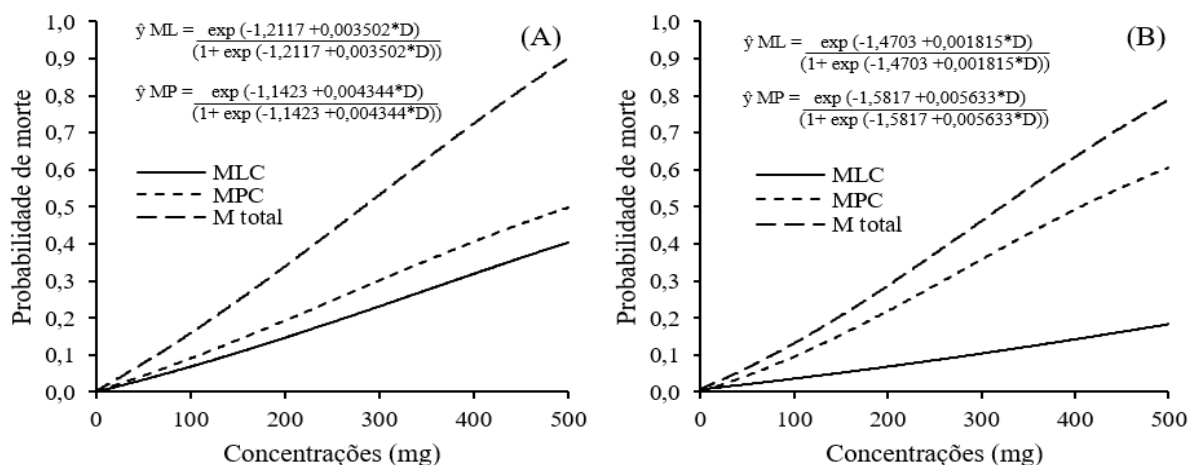


Figura 1. Mortalidade de Larvas (MLC, ‘C’ indica que a probabilidade de morte foi corrigida com base na mortalidade do controle), Mortalidade de Pupas (MPC, ‘C’ indica que a probabilidade de mortalidade foi corrigida com base na mortalidade do controle) e Mortalidade total (M total, MLC + MPC) de mosca-das-frutas (*C. capitata*) tratadas com diferentes concentrações de óleos de Citronela, Cravo e Copaíba no 1º (A) e 2º (B) Ínstar.

Shapiro (2012) descreveu em uma de suas pesquisas, que o eugenol, um dos compostos majoritários encontrado no óleo essencial de Cravo (*S. aromaticum*), promove atração e mortalidade de insetos em diferentes fases de desenvolvimento, e é considerado seguro sem riscos à saúde humana quando usado de forma correta. Sinthusiri; Soonwera (2010) mostraram que o óleo essencial de Citronela (*C. nardus*), apresenta alta atividade inseticida contra larvas de 2º ínstar, pupas e adultos de moscas domésticas com até 100% de mortalidade. Kanis et al., (2012) relatam a atividade larvicida de óleo essencial de copaíba (*Copaifera sp.*), contra o *Aedes aegypti* e descreve a possibilidade do uso desse óleo essencial no controle de diversas pragas.

Tabela 3. Concentrações Letais (CL₅₀) (IC 5%) de óleos de Citronela, Cravo e Copaíba estimadas para larvas e pupas de mosca-das-frutas (*C. capitata*) tratadas no 1º, 2º e 3º ínstar e para pupas tratadas no estágio pupal.

Óleos	1º Ínstar		2º Ínstar		3º Ínstar		Pupas
	Larvas	Pupas	Larvas	Pupas	Larvas	Pupas	Pupas
Citronela						423 (410-436)	
Cravo	NC	497 (NC)	NC	452 (427-477)	NC	NC	NC
Copaíba						NC	

IC 5% = Intervalo de Confiança em até 5% de probabilidade de erro

NC = não calculado devido à baixa concentração-resposta

A mortalidade das larvas no 2º ínstar foi menor em relação ao 1º estágio larval. Além disso, quando os tratamentos foram aplicados em larvas de 3º ínstar, não foi observado efeito dos óleos, mesmo em concentrações mais elevadas (500 mg. mL⁻¹) sobre a mortalidade das larvas. Isso possivelmente pela maior resistência das larvas nestes últimos estádios, além do curto período até empuparem, minimizando a ação dos óleos. Apesar da mortalidade das larvas não ter atingido 50% dos indivíduos até as concentrações de 500 mg.mL⁻¹ em nenhum dos ínstaes, é importante ressaltar que o efeito dos óleos demonstrou-se cumulativo entre as distintas fases do inseto (larva e pupas), o que pode ser confirmado mediante os elevados índices de mortalidade das pupas que foram tratadas apenas em estágios de larva. Dessa forma, a mortalidade total de indivíduos (mortalidade de larvas + mortalidade de pupas) pode ser considerada para avaliação do efeito geral dos óleos sobre a mosca-das-frutas (Figuras 1A e B).

Skuhrovec et al., (2017) avaliando o efeito do óleo essencial de *Pimpinella anisum* popularmente conhecido como erva-doce em larvas jovens do besouro-da-batata (*Leptinotarsa decemlineata*), constataram que a concentração residual do óleo essencial mostrou efetividade no aumento da mortalidade larval em função das concentrações utilizadas no decorrer do tempo. Logo, concentrações residuais de óleos essenciais podem apresentar diversas variações, principalmente ao considerar a alta volatilidade dos diferentes tipos de componentes presentes nos óleos essenciais com rápida evaporação (Zarubova et al. 2015).

Como já mencionado anteriormente, todos os óleos e concentrações influenciaram a viabilidade pupal quando as larvas foram tratadas no 3º ínstar. Nesse contexto, o óleo de citronela destaca-se por proporcionar maior mortalidade das pupas, atingindo a CL₅₀ na concentração de 423 (410-436) mg. mL⁻¹ (Figura 2). Os óleos essenciais de cravo e copaíba proporcionaram menor mortalidade, indicando menor potencial para aplicações em larvas de 3º ínstar. Para todos os óleos, maiores concentrações proporcionaram maior mortalidade, e este efeito não estabilizou até a maior concentração estudada, indicando que concentrações mais elevadas podem potencializar os efeitos inseticidas dos óleos essenciais sobre larvas e pupas de moscas-da-fruta, observados neste trabalho.

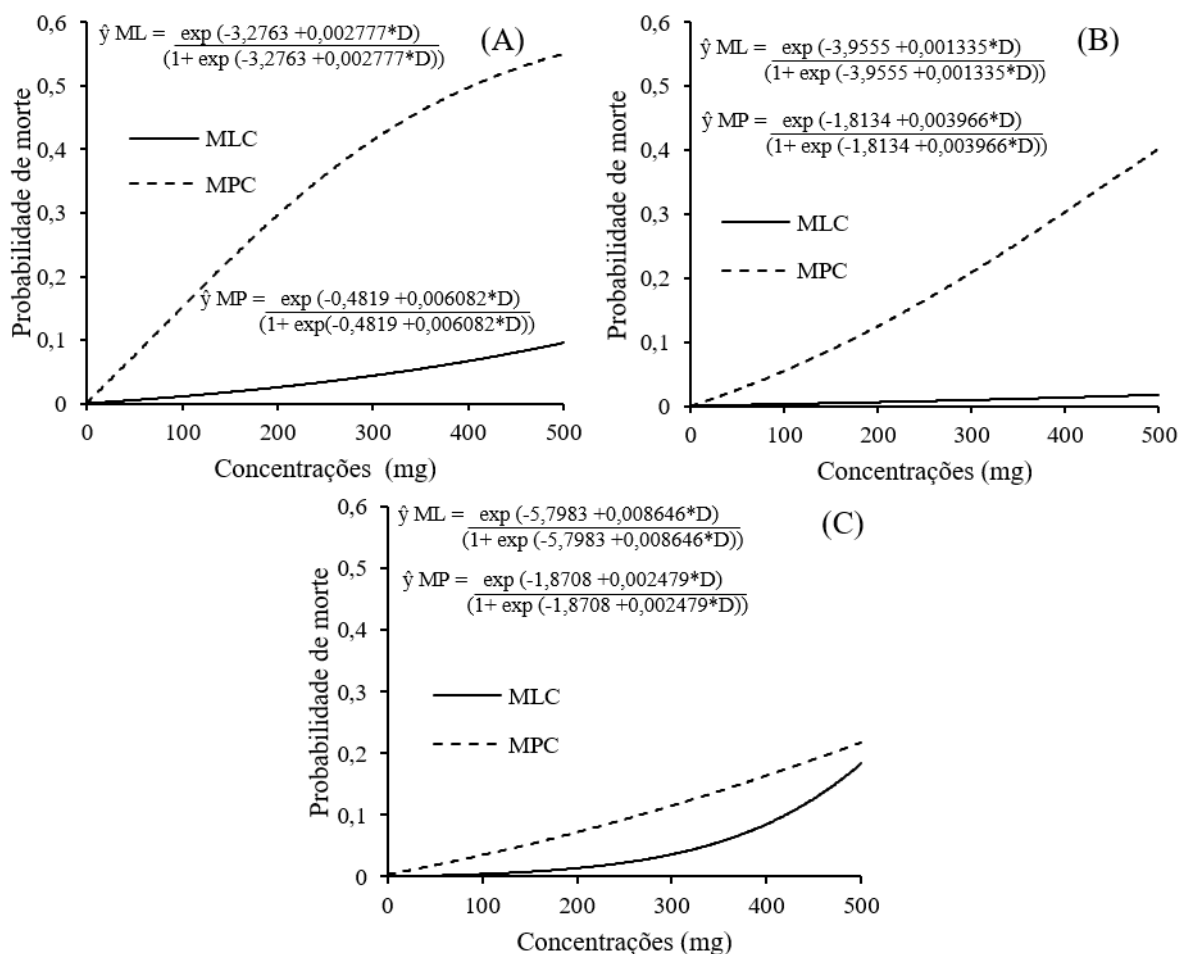


Figura 2. Mortalidade Corrigida das Larvas (MLC) e mortalidade de Pupas (MPC) de moscas-frutas (*C. capitata*) tratadas com diferentes concentrações de óleos de Citronela (A), Cravo (B) e Copaíba (C) no 3º Ínstar.

Brito et al., (2018) avaliaram os óleos essenciais de Capim-limão (*Cymbopogon citratus*), Citronela (*Cymbopogon nardus*) e Nim (*Azadirachta indica*) no controle de Caruncho (*Acanthoscelides obtectus*) e chegaram à conclusão que entre os óleos essenciais analisados o de Citronela foi o que apresentou maior efeito na redução de sobrevivência desta praga, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Pesquisas como a de Jeon et al., (2009) relataram atividade acaricida do geraniol, um dos componentes do óleo essencial de Citronela contra o ácaro *Tyrophagus putrescentiae*. Além disso, o geraniol também apresenta maior atividade inseticida e repelente quando confrontado com outros compostos provenientes de espécies vegetais (Chen; Viljoen, 2010). Filomeno et al., (2017) avaliaram a atividade inseticida dos óleos essenciais de *Corymbia* spp. e *Eucalyptus* spp. sobre *Plutella xylostella* e observaram que um dos principais componentes responsáveis

pela atividade inseticida mais ativa é o citronelal, composto este abundante no óleo essencial de Citronela.

3.2. Aplicação Tópica de Óleos Essenciais Adicionados de Fungos Entomopatogênicos sobre *C. capitata*

Quando tratadas no estágio larval (3º ínstar) apenas o fator concentração influenciou significativamente a mortalidade das larvas ($F = <.0001$) (Tabela 3). Este efeito está representado na Figura 3 e demonstra que maiores concentrações de óleos, independentemente do tipo de óleo ou tipo de fungo associado, promovem maior mortalidade nas larvas. Contudo, a probabilidade máxima de mortalidade foi de apenas 0,13 na dose de 500 mg. mL⁻¹, indicando pouca eficiência para o controle das larvas no 3º ínstar.

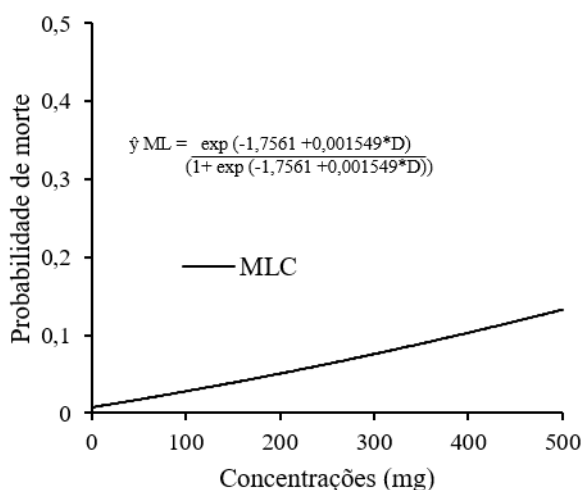


Figura 3. Mortalidade das Larvas Corrigida (MLC) de mosca-das-frutas (*C. capitata*) tratadas no 3º ínstar com diferentes concentrações de óleos de Citronela, Cravo, Copaíba e fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana*.

Ootani et al., (2016), estudando o efeito dos óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Eucalyptus cytriadora* e composto Citronelal em fungos presentes no armazenamento do feijão Caupi, destacaram que o tratamento com os óleos essenciais promove a inibição dos fungos de armazenamento. Vale ressaltar que a baixa mortalidade das larvas tratadas no 3º ínstar, nesta pesquisa, provavelmente, está relacionada com o maior nível de resistência da larva e pela ação de inativação dos fungos promovida pelos compostos majoritários presentes nos óleos, visto que os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* são altamente virulentos contra moscas-das-frutas, em especial *C. capitata*, podendo infectar fases de desenvolvimento do inseto (adultos, larvas e pupas) por diferentes vias de exposição (Beris et al., 2013).

A interação tripla dos fatores Óleo vs Concentração vs Fungo influenciou significativamente na mortalidade de pupas tratadas no estágio pupal ($F = <.0001$) (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de P ($Pr > F$) para os efeitos dos Óleos, Concentração, Fungo e a interação destes fatores sobre a Mortalidade de larvas tratadas no 3º ínstar e mortalidade de Pupas tratadas no estágio pupal de *C. capitata*.

Efeitos	3º Ínstar	Pupa
Óleo	0.6473	1.000
Concentração	<.0001	0.0279
Óleo*Concentração	0.7897	0.0018
Fungo	0.3223	0.9853
Óleo*Fungo	0.6990	10.000
Concentração*Fungo	0.3145	0.0055
Óleo*Concentração*Fungo	0.1795	<.0001

Maiores concentrações de óleo de citronela aumentaram progressivamente a mortalidade das pupas, atingindo a CL_{50} na concentração de 424 (397-451) (Tabela 5). Apesar da resistência promovida pela capsula pupal, a germinação do fungo *M. anisopliae* e possível penetração na capsula pode ter possibilitado a migração e ação do óleo de citronela nestas condições experimentais.

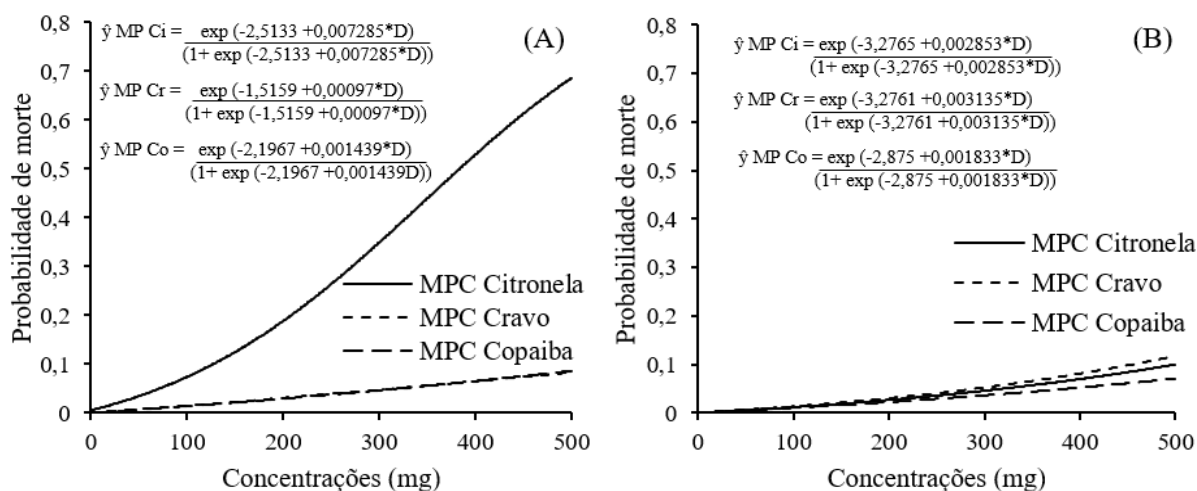


Figura 4. Mortalidade Corrigida das Pupas (MPC) de mosca-das-frutas (*C. capitata*) tratadas com diferentes concentrações de óleos de Citronela (Ci), Cravo (Cr) e Copaíba (Co) e fungos *M. anisopliae* (A) e *B. bassiana* (B).

Garrido-Jurado et al., (2011) estudando a ação dos fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae* contra pupários de *C. capitata*, descrevem a mortalidade total de pupas de *C. capitata* como significativamente menor no controle do que no solo tratado com ambos os fungos.

São poucos, os estudos sobre combinações de óleos essenciais e fungos para aumentar a atividade biológica contra insetos pragas. Rosas-García et al., (2018) ao estudar a atividade biológica de *M. anisopliae* e óleos essenciais de forma isolada e combinada contra o Psilídeo (*Diaphorina citri*), constataram que a mistura chegou a matar mais do que as aplicações isoladas, e concluiu que a interação entre os componentes foi significativa.

Tabela 5. Concentrações Letais (CL₅₀) (IC 5%) de óleos de Citronela, Cravo e Copaíba associados com fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana* para larvas de 3º ínstar e pupas de mosca-das-frutas (*C. capitata*).

	Fungos	Larvas	Pupas
Citronela	<i>Metarhizium anisopliae</i>	NC	424 (397-451)
Cravo			NC
Copaíba			NC
Citronela	NC		
Cravo	<i>Beauveria bassiana</i>		NC
Copaíba			NC

IC 5% = Intervalo de Confiança em até 5% de probabilidade de erro

NC = não calculado devido à baixa concentração-resposta

Óleos de cravo ou copaíba combinados com *M. anisopliae* e óleos de citronela, cravo ou copaíba combinados com *B. bassiana* não diferiram entre si e promoveram baixa média geral de probabilidade para morte das pupas (Figuras 4A e B). Consequentemente, não atingiram a CL₅₀, sendo a mortalidade média para a máxima dose-resposta (500 mg. mL⁻¹) de apenas 9% (média de probabilidade de 0.09).

4. CONCLUSÕES

O óleo de citronela promove mortalidade de 50% das pupas com a concentração 423 (410-436) mg. mL⁻¹, quando aplicado no 3º estágio larval.

Quando combinado com *Metarhizium anisopliae*, o óleo de citronela causa elevada mortalidade de pupas.

5. REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p.265-267, 1925. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- BEDINI, S.; SARROCCO, S.; BARONCELLI, R.; VANNACCI, G.; CONTI, B. Pathogenic potential of *Beauveria pseudobassiana* as bioinsecticide in protein baits for the control of the medfly *Ceratitis capitata*. **Bulletin of Insectology**, v. 71, n. 1, p. 31-38, 2018.
- BENELLI, G.; FLAMINI, G.; CANALE, A.; CIONI, P. L.; CONTI, B. Toxicity of some essential oil formulations against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera Tephritidae). **Crop protection**, v. 42, p. 223-229, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.05.024>.
- BERIS, E. I.; PAPACHRISTOS, D. P.; FYTROU, A.; ANTONATOS, S. A.; KONTODIMAS, D. C. Pathogenicity of three entomopathogenic fungi on pupae and adults of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of pest science**, v. 86, n. 2, p. 275-284, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-012-0468-4>
- BRITO, C. H. Tratamento térmico para controle de *Ceratitis capitata* em frutos de cajazeira. Areia. 2007. 118p. **Tese (Doutorado em Agronomia)** - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.
- BRITO, R.; LOPES, H. M.; PAULO, H. H. D.; LIMA, A. C.; FERNANDES, M. D. C. D. A.; BRANDAO, A. D. A. Utilização de Óleos Essenciais de Capim-limão (*Cymbopogon citratus*), Citronela (*Cymbopogon nardus*) e Óleo de Nim (*Azadirachta indica*) no Controle de Insetos e Microorganismos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- CASTRILLO, L. A.; MAYFIELD III, A. E.; GRIGGS, M. H.; CAMP, R.; MUDDER, B.; TAYLOR, A.; VANDENBERG, J. D. Mortality and reduced brood production in walnut twig beetles, *Pityophthorus juglandis* (Coleoptera: Curculionidae), following exposure to commercial strains of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium brunneum*. **Biological Control**, v. 114, p. 79-86, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.08.007>.

CHEN, W.; VILJOEN, A. M. Geraniol - a review of a commercially important fragrance material. **South African Journal of Botany**, v. 76, n. 4, p. 643-651, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.05.008>

EL-MINSHAWY, A. M.; ABDELGALEIL, S. A.; GADELHAK, G. G.; AL-ERYAN, M. A.; RABAB, R. A. Effects of monoterpenes on mortality, growth, fecundity, and ovarian development of *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae). **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1780-1>

FILOMENO, C. A.; BARBOSA, L. C. A.; TEIXEIRA, R. R.; PINHEIRO, A. L.; FARIAS, E. S.; SILVA, E. M. P.; PICANÇO, M. C. *Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*. **Industrial Crops and Products**, v. 109, p. 374-383, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.033>

GARRIDO-JURADO, I.; TORRENT, J.; BARRÓN, V.; CORPAS, A.; QUESADA-MORAGA, E. Soil properties affect the availability, movement, and virulence of entomopathogenic fungi conidia against puparia of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, v. 58, n. 3, p. 277-285, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.05.017>

GHABBARI, M.; GUARINO, S.; CALECA, V.; SAIANO, F.; SINACORI, M.; BASER, N.; JEMÂA, J. M.; VERDE, G. L. Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 2, p. 907-917, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0952-6>.

GROVÉ, T.; JAGER, K.; THELEDI, M. L. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) and *Thaumatotibia leucotreta* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) associated with fruit of the family Myrtaceae Juss. In South Africa. **Crop Protection**, v. 116, p. 24-32, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.10.008>.

IMMEDIATO, D.; FIGUEREDO, L. A.; IATTA, R.; CAMARDA A.; LUNA, R. L. N.; GIANGASPERO, A.; BRANDÃO-FILHO, S. V.; OTRANTO, D.; CAFARCHIA, C. Essential oils and *Beauveria bassiana* against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae): Towards new natural acaricides. **Veterinary parasitology**, v. 229, p. 159-165, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.10.018>.

JEON, J. H.; LEE, C. H.; LEE, H. S. Food protective effect of geraniol and its congeners against stored food mites. **Journal of Food Protection**, v. 72, n. 7, p. 1468-1471, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.7.1468>

KANIS, L. A.; PROPHIRO, J. S.; DA SILVA VIEIRA, E.; DO NASCIMENTO, M. P.; ZEPON, K. M.; KULKAMP-GUERREIRO, I. C.; DA SILVA, O. S. Larvicidal activity of *Copaifera* sp.(Leguminosae) oleoresin microcapsules against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. **Parasitology research**, v. 110, n. 3, p. 1173-1178, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00436-011-2610-2>

KHAN, J.; ANJUM, S. I.; KHAN, I.; REHMAN, F. U.; KHAN, A. Larvicidal & Development retarding effects of hexane crude extract of *Otostegia limbata* on 3rd instar larvae of *Drosophila melanogaster meign* (Diptera: Drosophilidae). **J Entomol Zool Stud**, v. 3, n. 1, p. 6-9, 2015.

LOZANO-TOVAR, M. D.; GARRIDO-JURADO, I.; LAFONT, F.; QUESADA-MORAGA, E. Insecticidal activity of a destruxin-containing extract of *Metarhizium brunneum* against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 2, p. 462-472, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/tov041>.

MOINO JR, A.; ALVES, S. B. Determinação de concentrações de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para o controle de insetos-pragas de grãos armazenados. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n.1, p. 15-20, 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0301-80591997000100002>

OOTANI, M. A.; BRITO, D. R.; MACIEL, G. P. S.; LOPES, L. A.; AGUIAR, R. W. S. Efeito de óleos essenciais e composto citronelal sobre a microflora de sementes de feijão armazenadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 49-56, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i1.3836>

PAPANASTASIOU, S. A.; BALI, E. M. D.; IOANNOU, C. S.; PAPACHRISTOS, D. P.; ZARPAS, K. D.; PAPADOPOULOS, N. T. Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*). **PloS one**, v. 12, n. 5, p. e0177837, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177837>.

PARREIRA, D. S.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; LEITE, G. L. D.; DE SOUZA RAMALHO, F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Quantifying the harmful potential of ten

essential oils on immature *Trichogramma pretiosum* stages. **Chemosphere**, v. 199, p. 670-675, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.083>

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. **Annual review of entomology**, v. 57, p. 405-424, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>.

ROSAS-GARCÍA, N. M.; ALBA-MORENO, I. M.; VILLEGAS-MENDOZA, J. M.; MIRELES-MARTÍNEZ, M. Biological Activity of *Metarhizium anisopliae* Strains and Essential Oils Alone and in Combination against *Diaphorina citri*. **Southwestern Entomologist**, v. 43, n. 3, p. 617-625, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.3958/059.043.0306>

SHAPIRO, R. Prevention of vector transmitted diseases with clove oil insect repellent. **Journal of Pediatric Nursing**, v. 27, n. 4, p. 346-349, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pedn.2011.03.011>

SINTHUSIRI, J.; SOONWER, M. Effect of herbal essential oils against larvae, pupae and adults of house fly (*Musca domestica* L.: Diptera). In: **Proceedings of the 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology**. p. 639-642. 2010.

SKUHROVEC, J.; DOUDA, O.; PAVELA, R.; KLOUČEK, P.; BOŽIK, M.; ZOUHAR, M. The effects of *Pimpinella anisum* essential oils on young larvae *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). **American Journal of Potato Research**, v. 94, n. 1, p. 64-69, 2017. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12230-016-9549-x>

SWEVERS, L.; KRAVARITI, L.; CIOLFI, S.; XENOU-KOKOLETSI, M.; RAGOISSIS, N.; SMAGGHE, G.; IATROU, K. A cell-based high-throughput screening system for detecting ecdysteroid agonists and antagonists in plant extracts and libraries of synthetic compounds. **The FASEB Journal**, v. 18, n. 1, p. 134-136, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1096/fj.03-0627fje>

TAVARES, R. M.; CUNHA, J. P.; ALVES, T. C.; BUENO, M. R.; SILVA, S. M.; ZANDONADI, C. H. Electrostatic spraying in the chemical control of *Trioza limbata* (Enderlein) (Hemiptera: Triozidae) in guava trees (*Psidium guajava* L.). **Pest management science**, v. 73, n. 6, p. 1148-1153, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4433>.

VIRGINIO, J. F.; GÓMEZ, M.; PINTO, A. M.; ANIELY, G. G.; PARANHOS, B. J.; GAVA, C. A.; CÁCERES, C.; WALDER, J. M. Male sexual competitiveness of two *Ceratitis capitata* strains, tsl Vienna 8 and OX3864A transgenics, in field cage conditions. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 164, n. 3, p. 318-326, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12615>.

ZARUBOVA, L.; KOURIMSKA, L.; ZOUHAR, M.; NOVY, P.; DOUDA, O.; SKUHROVEC, J. Botanical pesticides and their human health safety on the example of *Citrus sinensis* essential oil and *Oulema melanopus* under laboratory conditions. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science**, v. 65, n. 1, p. 89-93, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.959556>

ARTIGO II

REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE *Psidium* *guajava* L. ‘PALUMA’

REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Ceratitis capitata* (Wied.) 1824 E SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE *Psidium guajava* L. ‘PALUMA’

RESUMO

As áreas plantadas com goiaba no Brasil ultrapassam os 15 mil hectares, colocando o país como um dos maiores produtores mundiais dessa fruta. Um dos maiores problemas enfrentados na produção dessa frutífera se dá pelo ataque de pragas, com destaque para os danos causados pela *Ceratitis capitata*. Os principais métodos de controle de *C. capitata* são baseados em aplicações de inseticidas de amplo espectro. Contudo, efeitos negativos do uso desse tipo de controle estimula o desenvolvimento de alternativas sustentáveis, como o uso de óleos essenciais. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou avaliar a atividade repelente dos óleos essenciais citronela (*Cymbopogon nardus*), cravo (*Syzygium aromaticum*) e copaíba (*Copaifera officinalis*) sobre *C. capitata* em frutos de goiaba var. ‘Paluma’ e determinar a influência destes na alteração da qualidade pós-colheita. O estudo foi realizado no Laboratório de Zoologia de Invertebrados da Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. Para os ensaios de repelência os frutos foram tratados com óleos essenciais de citronela, cravo e copaíba; e acondicionados em recipientes plásticos tampados acoplados nas extremidades de arenas com dimensões de 20 cm de diâmetro e 15 cm de altura, a análise físico-química dos frutos foi realizada com base nos mesmos óleos aplicados aplicados no teste de repelência. O óleo essencial de *C. nardus* apresentou maior repelência sobre as fêmeas de *C. capitata*. A aplicação dos óleos essenciais não influenciou negativamente na qualidade dos frutos, pelo contrário, mostrou-se uma estratégia de manutenção da qualidade pós-colheitas destes.

Palavras-chave: Controle Biológico, Inseticidas Alternativos, Moscas-das-Frutas.

ESSENCE OF ESSENTIAL OILS ON *Ceratitis capitata* (WIED.) 1824 AND ITS IMPLICATIONS ON POSTHARVEST QUALITY OF *Psidium guajava* L. 'PALUMA' FRUIT

ABSTRACT

Guava planted areas in Brazil exceed 15,000 hectares, making the country one of the world's largest producers of this fruit. One of the biggest problems faced in the production of this fruit is the pest attack, especially the damage caused by *Ceratitis capitata*. The main *C. capitata* control methods are based on broad spectrum insecticide applications. However, negative effects of using this type of control stimulate the development of sustainable alternatives, such as the use of essential oils. In this sense, the present work aimed to evaluate the repellent activity of citronella (*Cymbopogon nardus*), clove (*Syzygium aromaticum*) and copaiba (*Copaifera officinalis*) essential oils on *C. capitata* in guava fruits var. 'Paluma' and determine their influence on postharvest quality change. The study was conducted at the Invertebrate Zoology Laboratory of the Federal University of Paraíba, Areia-PB. For the repellency tests the fruits were treated with citronella, clove and copaiba essential oils; and packed in capped plastic containers coupled at the ends of arenas with dimensions of 20 cm in diameter and 15 cm in height, the physicochemical analysis of the fruits was performed based on the same applied oils applied in the repellency test. *C. nardus* essential oil presented higher repellency on *C. capitata* females. The application of the essential oils did not negatively influence the quality of the fruits, on the contrary, it proved to be a strategy of maintaining their postharvest quality.

Keywords: Alternative Insecticides, Biological Control, Fruit Flies.

1. INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava* L.) pertence à família Myrtaceae, e é amplamente cultivada em áreas tropicais e subtropicais. Os frutos desta planta são utilizados para múltiplos fins, devido ao seu sabor agradável e valor nutricional (Wang et al., 2018), o que permite sua entrada em diversos nichos de mercado (Moon et al., 2018). O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de goiaba, com 15,2 mil hectares de área plantada e rendimento médio de 22,7 t. ha⁻¹ (Gomes et al., 2017), sendo essa espécie cultivada principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste do país (Iha et al., 2018).

É uma das frutas mais infestadas no país por *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae) (Maciel et al., 2017), além dessa frutífera, mais de 300 espécies de plantas foram listadas como hospedeiras dessa praga que pode causar perdas de até 100% de uma cultura (Goldshtein et al., 2017). O dano é causado tanto pelos adultos quanto pelos estágios larvais de *C. capitata*; as fêmeas perfuram a superfície dos frutos e realizam a oviposição, abrindo espaço para a entrada de microrganismos patogênicos; as larvas por sua vez se alimentam da polpa dos frutos, comprometendo sua qualidade comercial (Gabrieli; Scolari, 2016; James et al., 2018).

Os principais métodos de controle para insetos-praga são baseados em aplicações de inseticidas de amplo espectro, concentrando-se principalmente nas formas adultas (Dolinski, 2016). No entanto, esse estágio compreende apenas de 5 a 10% da população de *C. capitata*, o que leva aplicações frequentes de inseticidas durante todo o período de frutificação (Goldshtein et al., 2017). O uso de inseticidas, frequentemente pode gerar problemas, como a mortandade de inimigos naturais, uma vez que a maioria desses produtos não é seletivo (Liu et al., 2018), além de levar ao desenvolvimento de resistência por parte dessa praga (Benelli et al., 2012; Rizvi et al., 2018).

Os efeitos negativos do uso do controle químico no manejo de pragas estimularam o desenvolvimento de alternativas sustentáveis (Dolinski, 2016), dentre elas o uso de óleos essenciais. Jankowska et al. (2018) afirmam que aproximadamente 1500 espécies de plantas possuem óleos essenciais com propriedades inseticidas e são eficazes em diversas formas de insetos.

Óleos essenciais ou seus compostos químicos podem atrair insetos benéficos ou repelir insetos indesejáveis (Liu et al., 2018). Além disso, esses materiais são biodegradáveis, não deixando resíduos tóxicos, por isso são potencialmente adequados para uso em programas de manejo integrado (López et al., 2011).

Alguns estudos sobre as propriedades inseticidas de óleos essenciais relataram a atividade repelente do óleo essencial de *Allium tuberosum* (Gao et al., 2019), *Cinnamomum zeylanicum* e *Syzygium aromaticum* (Plata-Rueda et al., 2018) e a ação letal de *Artemisia absinthium* (Rizvi et al., 2018) contra pragas agrícolas. Para *C. capitata*, López et al. (2011) observaram efeito repelente de óleos essenciais de *Tagetes minuta* e *Tagetes filifolia*.

Além do efeito dos óleos essenciais sobre os insetos praga, é preciso conhecer qual a implicação do uso desses materiais na pós-colheita dos frutos tratados, visto a necessidade de não se comprometer a qualidade destes. Trabalhos como os de Botelho et al. (2016), observaram que a associação de fécula de mandioca e óleo essencial de canela foram eficientes na manutenção da qualidade da goiaba em temperatura ambiente e sob atmosfera modificada, prolongando a vida útil dos frutos. No entanto, trabalhos que avaliem a qualidade de frutos tratados com óleos essenciais visando efeito inseticida ainda são escassos. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou avaliar a atividade repelente dos óleos essenciais de *Copaifera officinalis*, *Syzygium aromaticum* e *Cymbopogon nardus* sobre *C. capitata* em frutos de goiaba ‘Paluma’ e determinar a influência destes na qualidade pós-colheita.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Zoologia de Invertebrados (LABZOO Invertebrados) do Departamento de Ciências Biológicas pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB. Foram realizados ensaios de repelência de óleos essenciais em *C. capitata*, através de aplicações dos óleos em frutos de goiaba e avaliado a interferência deste tratamento na qualidade dos frutos através de análise físico-química.

2.1. Criação e Manutenção de *C. capitata*

Os insetos utilizados no experimento foram provenientes da criação estoque desenvolvida em dieta artificial (Tabela 1), mantida no Laboratório de Zoologia dos Invertebrados da Universidade Federal da Paraíba, CCA, Areia – PB, à temperatura média de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas, conforme métodos descritos por Brito (2007).

Tabela 1. Dieta artificial para o desenvolvimento larval de *C. Capitata*

Ingredientes	Massa (g)
Levedo de cerveja	120,0
Cenoura crua	600,0
Nipagin (Antifúngico)	4,0

Os adultos foram mantidos em gaiolas teladas com *voil*, colocadas sobre bandejas com água para coleta dos ovos. Os adultos eram alimentados diariamente com solução de água e mel a 15%, através de um chumaço de algodão colocado na parte superior da gaiola. Os ovos coletados eram dispostos sobre a dieta artificial em potes plásticos. A infestação dos ovos na dieta foi feita entre 24 a 48 horas depois da coleta. Após 10 a 15 dias de infestação na dieta, os recipientes contendo as larvas foram transferidos para bandejas plásticas, contendo areia esterilizada para obtenção das pupas, estas, foram transferidas para as gaiolas, reiniciando o ciclo biológico.

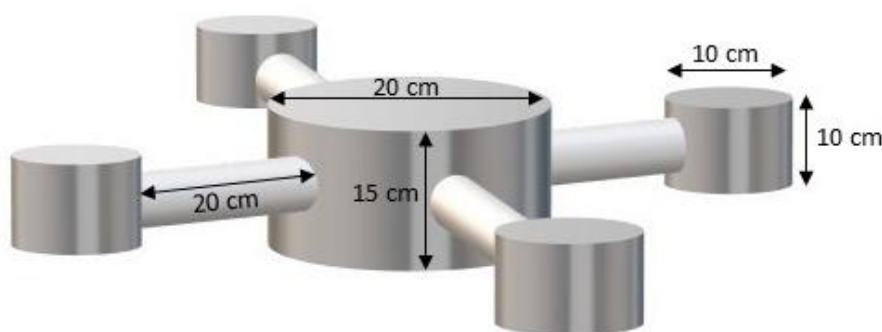
2.2. Ensaio de Repelência com Chance de Escolha

Nesse estudo foram utilizados frutos de goiaba *P. guajava* L. ‘Paluma’ em estágio inicial de maturação fisiológica, higienizados com água e hipoclorito de sódio a 0,1% por 10 minutos, secos sobre papel absorvente a temperatura ambiente (25°C). Os óleos essenciais de Citronela *C. nardus* (L.) Rendle (1899), Cravo *S. aromaticum* (L.) Merrill & Perry (1989) e Copaíba *C. officinalis* L. (1762), foram diluídos em água destilada, nas concentrações de 0 (testemunha), 100, 200, 300, 400 e 500 mg. mL⁻¹. As goiabas foram imersas nos tratamentos/concentrações por um período de 1 minuto e colocadas para secagem em bandejas plásticas. Após esse período, os frutos foram acondicionados em recipientes plásticos tampados e acoplados nas extremidades das arenas, cobertas com tecido *voil* na parte superior e com plástico na extremidade inferior, semelhante à descrita por Botelho et al. (1973) (Figura 1). Na região central das arenas foram liberadas 40 fêmeas sexualmente maduras e recém acasaladas, um dia após o início da oviposição.

A cada avaliação contou-se o número de indivíduos que estavam presentes nos recipientes com os frutos tratados. Após liberação dos insetos foi realizada contagem a cada hora, durante as seis primeiras horas e após as 12h, 24h, 48h e 72h da liberação das fêmeas no interior das arenas.

Para cada tratamento/concentração foram realizadas 5 repetições. Cada repetição foi constituída de quatro frutos, um para cada tratamento (óleo/concentração), mais testemunha (grupo não tratado). Assim, foram utilizados 100 frutos distribuídos em 25 arenas.

Figura 1: Apresentação do esquema organizado da arena para confinamento dos adultos de *C. capitata*



2.2.1. Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando-se modelo linear generalizado e considerando-se a distribuição Beta. De acordo com a significância do teste F, aplicou-se análise de superfície de resposta para os efeitos das doses de cada óleo vs tempo de exposição. Utilizou-se o software estatístico SAS® University Edition (2015).

2.3. Análise Físico-Química dos Frutos

Nesta pesquisa foram utilizados frutos de goiaba *P. guajava* L. ‘Paluma’ em estágio inicial de maturação, higienizados da mesma forma do subtópico (2.2). Foi utilizada a concentração máxima de 500 mg. mL⁻¹ dos óleos essenciais de citronela, *cravo* e *copaíba*, diluídos em água destilada, para recobrimento dos frutos e um grupo não tratado, correspondendo a testemunha. Os parâmetros analisados foram:

Perda de Massa (%): Foi determinada através da pesagem de todas as unidades experimentais no início do armazenamento e diariamente, durante 12 dias. A partir desses dados, foi calculado o percentual de perda de massa em função da diferença de peso ao longo do período de 12 dias (armazenamento).

Coloração da Casca: Aferida através de avaliação objetiva, com colorímetro digital Minolta® Color Reader CR-10, expressando a cor nos parâmetros: L* (correspondente à claridade/luminosidade); a* (transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*)) e b*

(transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*), onde quanto mais distante do centro (=0), mais saturada a cor (Calbo, 1989).

pH: Determinado utilizando um pHmetro digital, sendo inserido o eletrodo em solução contendo $5 \pm 0,5$ g do material, diluídos em 50 mL de água destilada.

Sólidos Solúveis (SS): Determinado por leitura direta com refratômetro tipo Abbe digital, ATAGO N1 de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008).

Acidez Titulável: (AT – g. ácido cítrico.100 g⁻¹ de polpa), determinado por titulometria com solução de NaOH 0,1M com indicador fenolftaleína até obtenção de coloração róseo claro permanente, utilizando 5 g da amostra em 50 mL de água destilada conforme método do Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008).

Ácido Ascórbico: determinado por titulometria, utilizando-se solução de DFI (2,6-dicloro-fenol-indofenol 0,002 %) e ácido oxálico 0,5% como solução extratora, conforme Strohecker e Henning (1967).

2.3.1. Análise Estatística

Utilizou-se o delineamento experimental do tipo DIC com 4 repetições, avaliando a casca e polpa dos frutos, sendo realizado em esquema fatorial 4x5x2, contendo 4 tratamentos, e 5 períodos de armazenamento, sendo avaliados durante 12 dias de armazenamento, a cada 3 dias, sob temperatura ambiente 22 ± 2 °C.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ensaio de Repelência com Chance de Escolha

Houve efeito significativo dos diferentes óleos ($P = <.0001$), suas concentrações ($P = <.0001$), do tempo de exposição ($P = <.0001$) e interação óleos vs concentrações ($P = <.0001$). A aplicação do óleo de citronela promoveu maior repelência da mosca-das-frutas se comparado com a aplicação dos óleos de cravo e copaíba. O aumento na concentração do óleo de citronela aumentou continuamente o potencial de repelência, resultando em 0 a 5% de moscas visitantes a partir da concentração de 200 mg. mL⁻¹. Este efeito foi mantido durante as 72 horas de avaliação. O aumento nas concentrações de óleo de cravo também aumentou o percentual de repelência, mas com o passar do tempo este efeito foi perdido e o percentual de moscas visitantes foi similar ao tratamento testemunha. Da mesma forma, o tratamento com óleo de copaíba não reduziu ou teve baixo efeito sobre o número de moscas visitantes.

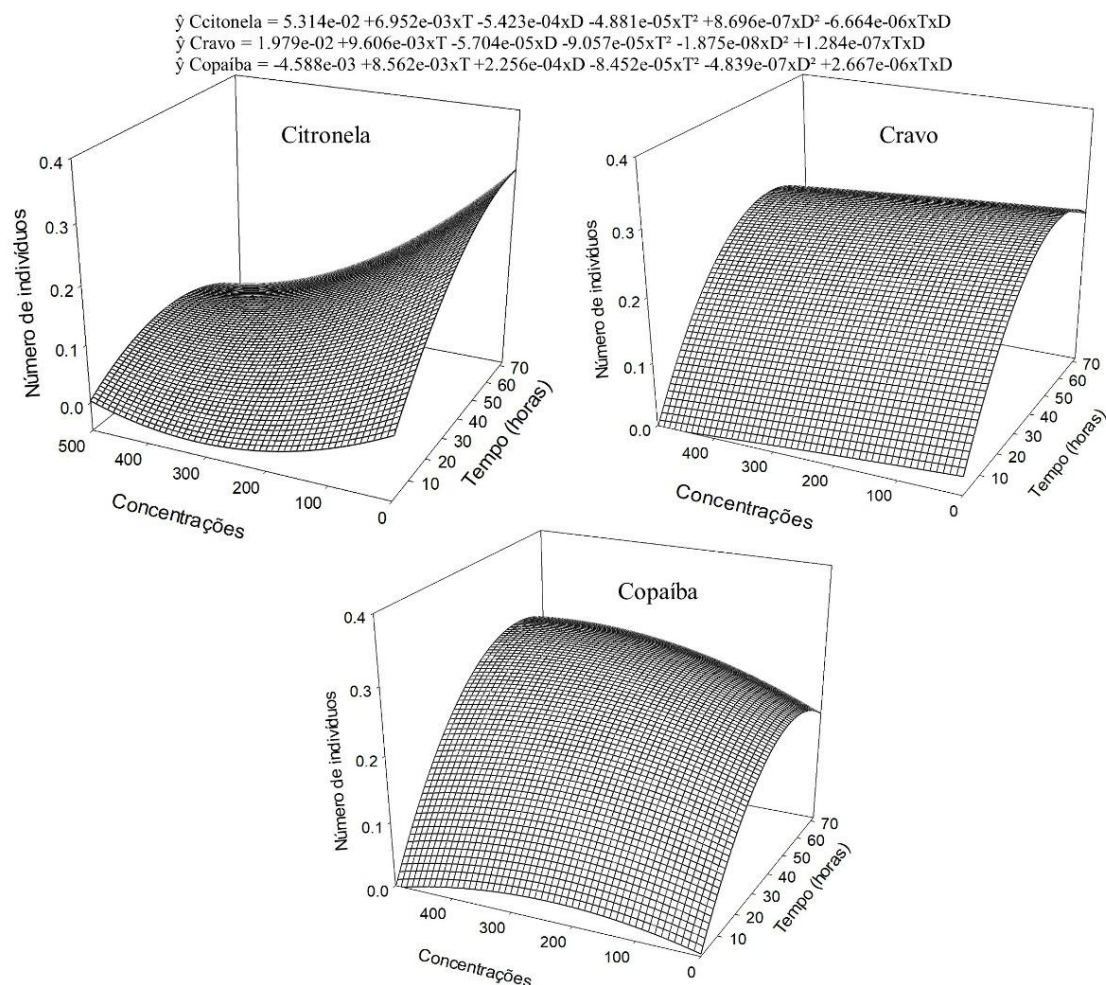


Figura 2. Repelência de mosca-das-frutas *C. capitata* determinada pelo percentual de moscas que visitaram os frutos tratados com um dos diferentes tipos de óleos (Citronela, Cravo e Copaíba), nas suas diferentes concentrações e durante o tempo de exposição.

O óleo de citronela apresenta uma alta atividade inseticida contra moscas-das-frutas principalmente pela presença de dois importantes compostos bioativos (citronellal e geraniol) (Arancibia et al., 2013). O monoterpene citronellal presente no óleo de citronela tem ação inseticida e repelente cientificamente reconhecida, colocando este óleo em destaque para o uso como pesticida em cultivos orgânicos (Koul et al., 2008; Regnault-Roger et al., 2012). Além da ação como inseticida, o óleo de citronela apresenta uma rápida volatilidade (Arancibia et al., 2013), que associado à sua grande ação repelente de insetos, resultou nos menores percentuais de indivíduos desde o início da liberação.

3.2. Análise físico-química dos frutos

Houve diferença significativa entre os tratamentos e o período de armazenamento para a perda de massa (Figura 3). Os frutos da testemunha apresentaram os maiores percentuais dessa variável, com cerca de 20% de redução. Resultados que corroboram com os observados por Botelho et. Al. (2016), que ao analisarem as respostas pós-colheita da goiaba cv. “Pedro Sato” submetida a diversos tratamentos, entre eles o uso de óleos essenciais, observaram resultados de perda de massa dos frutos do controle próxima a esse estudo.

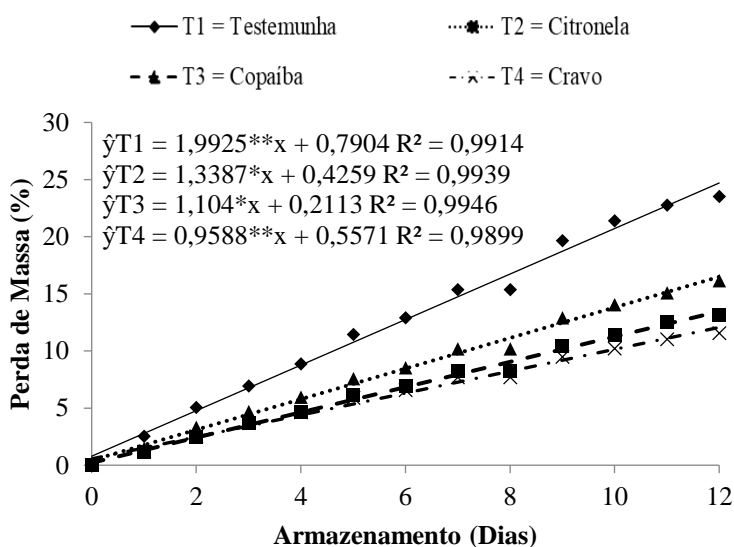


Figura 3. Perda de massa de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de moscas-das-frutas (*C. capitata*).

Os tratamentos que foram recobertos por óleos essenciais, apresentaram menores valores dessa variável. A perda de peso dos frutos está relacionada principalmente com respiração e transferência de umidade através de sua superfície (Joshi et al., 2017). Como os óleos essenciais são hidrofóbicos e compatíveis com a camada externa da fruta, podem formar uma barreira protetora contra a perda de água, reduzindo assim a perda de massa (Sangsuwan et al., 2016).

Frutos recobertos com óleo essencial de cravo e copaíba obtiveram valores que variaram de 5 a 13%, sendo os menores. Joshi et al. (2017) verificaram a superioridade do óleo de cravo na manutenção da vida de armazenamento e na qualidade pós-colheita do mamão papaia, sendo os tratamentos com a utilização desse óleo, os que apresentaram as menores taxas de perda de massa.

O brilho da casca (L^*) dos frutos de goiaba foi influenciado significativamente ($p < 0,001$) apenas pelo período de armazenamento (Figura 4). Os maiores valores dessa variável foram obtidos no 9º dia de armazenamento (69), registrando redução no 12º dia (66), valores ainda

assim superiores aos observados por Murmu e Mishra (2018), para a goiaba Cv. Baruipur ao 21º dia sob diferentes revestimentos a base de goma arábica, caseinato de sódio e óleo essencial de canela e capim-limão, aonde foram encontrados valores de L* entre 41,23 e 60,29.

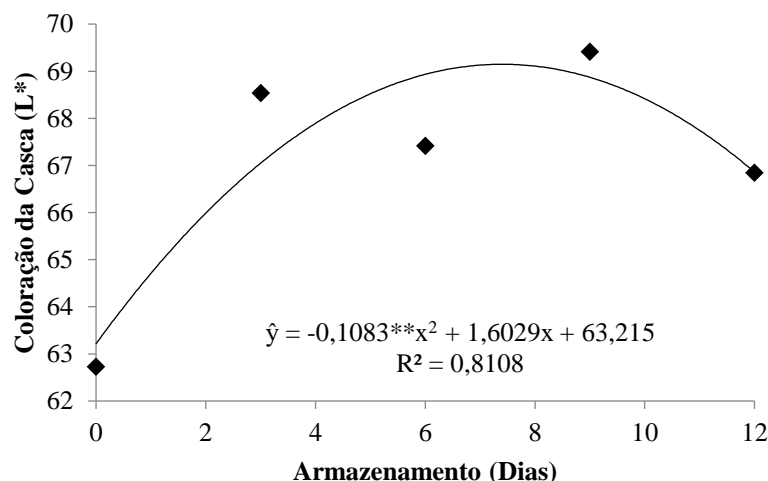


Figura 4. Coloração de Casca (L*) de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de moscas-das-frutas (*C. capitata*) em função do tempo de armazenamento.

Para a transição da coloração verde para o avermelhado (a*) houve efeito isolado do período de armazenamento e dos tratamentos empregados (Figura 5 A e B). Os frutos apresentaram perda na cor verde e desenvolvimento da cor amarela a partir do 6º dia. Resultados próximos aos reportados por Rodrigues et al. (2018), que observaram essa transição da coloração ao 4º dia em goiabas ‘Paluma’ revestidas com amido de sementes de jaca.

Entre os tratamentos, a testemunha atingiu a coloração amarelada mais rapidamente, apresentando maiores valores de a*. Os óleos de copaíba e cravo foram os que mais retardaram a transição de coloração, levando a uma evolução mais lenta do a*. Resultados que atestam a influência positiva do uso dos óleos essenciais na manutenção da qualidade dos frutos de goiaba.

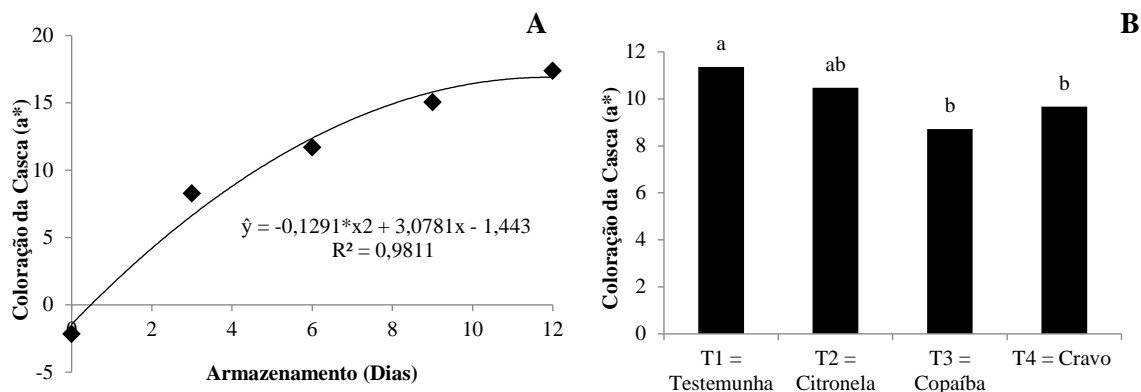


Figura 5. Coloração de Casca (a*) de frutos de Goiaba em função do tempo de armazenamento (5-A) e tratamento com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de moscas-das-frutas (*C. capitata*) (5-B).

Choi et al. (2016) em estudo com ameixas, também observaram atraso na alteração de cor desses frutos quando estes foram submetidos a tratamentos com revestimento de hidroxilprorilmetilcelulose incorporada com óleos essenciais de orégano e bergamota, aumentando assim o tempo de vida pós-colheita.

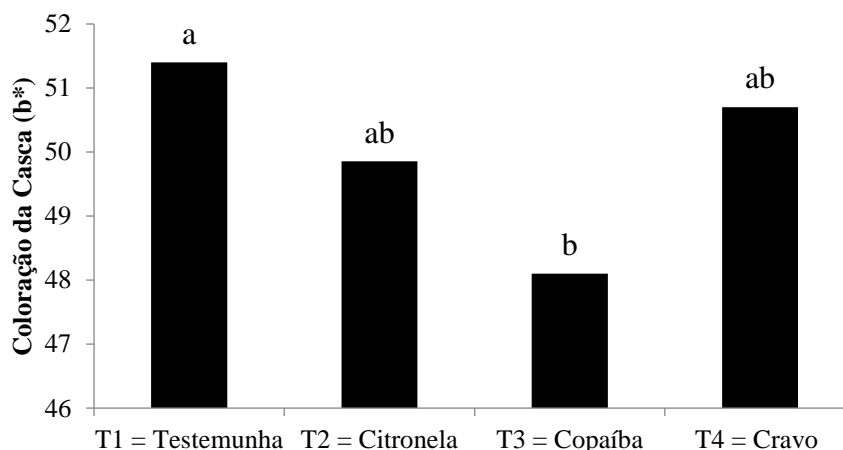


Figura 6. Coloração de Casca (b*) de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de moscas-das-frutas (*C. capitata*) em função do tipo de tratamento.

O parâmetro b* da casca foi influenciado significativamente apenas pelos tratamentos (Figura 6). Para essa variável, o óleo de copaíba apresentou os menores valores, embora estatisticamente tenha sido igual aos demais óleos. De toda forma, a aplicação de óleo de copaíba levou a um maior retardo na maturação dos frutos, com desenvolvimento mais lento da coloração amarela.

A goiaba apresenta natureza climatérica, assim, a utilização de revestimentos como os óleos essenciais, podem retardar o seu processo de amadurecimento, uma vez que ocorrerá uma

modificação na composição interna de gás devido as alterações na permeabilidade da casca do fruto, evento que leva a mudanças na produção de O₂, CO₂ e etileno (Sivakumar; Bautista-Baños, 2014). Trabalhos como o de Shirzadeh e Kazemi (2012) utilizando óleo essencial de menta em frutos de maçã, comprovam a redução nas taxas de produção de etileno derivada da aplicação desses materiais, o que influencia diretamente no prolongamento do tempo de prateleira desses frutos.

O pH da casca variou 4 a 5, com maiores valores sendo observados na testemunha (Figura 7 - A). O pico desse parâmetro foi observado ao 6º dia para todos os tratamentos. Observou-se uma forte redução dessa variável no 12º dia, principalmente para o óleo de citronela, indicando possível efeito dos componentes desse óleo essencial sobre a atividade metabólica dos frutos (Perdones et al., 2012).

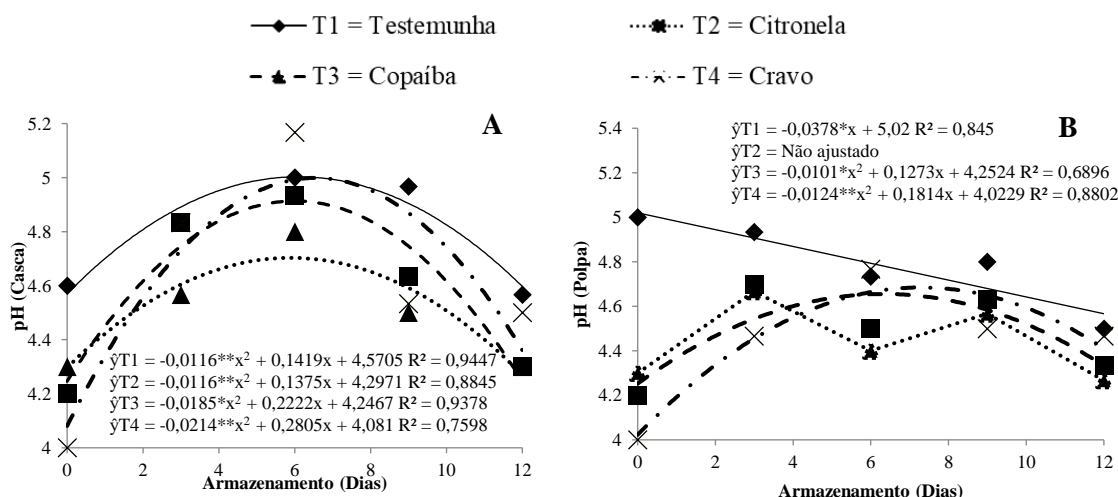


Figura 7. pH da casca (7-A) e da polpa (7-B) de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (*C. capitata*).

De acordo com a legislação vigente (Brasil, 2018), o pH da polpa da goiaba utilizada nesta pesquisa, se manteve dentro do Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ), que é de no mínimo 3,5 unidades de pH. Para o pH da polpa (Figura 7-B), observou-se efeito significativo entre os tratamentos e o período de armazenamento. Os valores da testemunha comportaram-se de forma decrescente em comparação aos demais tratamentos. A polpa dos frutos recobertos com óleo essencial de citronela apresentou o mesmo comportamento observado para a casca, apresentando os menores valores de pH. Resultados diferentes foram reportados por Aquino et al. (2015) para goiabas com revestimento de quitosana, amido de mandioca e óleo essencial de *Lippia gracilis*, aonde os valores de pH foram significativamente menores para os tratamentos

com aplicação de revestimento do que para o tratamento controle, aos 10 dias de armazenamento sob temperatura ambiente.

Deve-se destacar a importância do pH para o desenvolvimento de alguns tipos de pragas em frutíferas. Estudos como o de Lee et al. (2016), que analisaram a susceptibilidade de frutos de framboesa à *Drosophila suzukii*, uma importante praga de pequenos frutos, mostraram que a probabilidade de oviposição aumentou à medida que os frutos analisados aumentaram seu pH. Para o presente estudo, a não adição de óleos essenciais, na maioria do período de armazenamento resultou em maiores valores de pH, quando comparado com os tratamentos com os óleos de citronela, copaíba e cravo.

O pH da polpa dos frutos submetidos a aplicação de óleos essenciais, independente do tipo, ficou dentro dos limites observados por outros estudos com goiaba cuja finalidade foram aspectos de melhoria na produção e pós-colheita (Aquino et al., 2015; Rocha et al., 2016; Yadav et al., 2017).

O teor de sólidos solúveis (%) nos frutos foi influenciado significativamente ($p < 0,001$) apenas pelo período de armazenamento (Figura 8), registrando-se redução dessa variável ao fim do tempo de experimento.

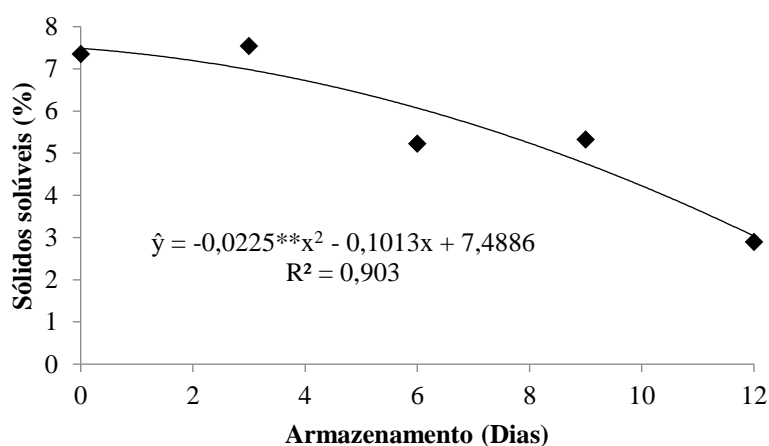


Figura 8. Sólidos solúveis de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (*C. capitata*) em função do tempo de armazenamento.

Valores de sólidos solúveis superiores aos aqui encontrados foram observados por Rodrigues et al. (2018), que para a goiaba ‘Paluma’ após 20 dias de armazenamento a 10 °C, encontraram percentual de sólidos solúveis entre 13,5 e 14,41. Valores superiores também foram reportados por Rana e Siddiqui (2018), que observaram valores máximos para esse

parâmetro de 10,4 % ao 6º dia para goiabas cv. Hisar Safeda submetidas a diferentes embalagens individuais.

A acidez titulável da casca foi influenciada pelos tipos de tratamento e pelo período de armazenamento (Figura 9). Observou-se uma tendência de crescimento desse parâmetro no decorrer do período experimental, com os maiores valores sendo registrados no 12º dia. Entre os óleos essenciais, o óleo de citronela conferiu a menor acidez titulável, sendo esse valor observado no 6º dia, porém, ao final do período, os menores valores estiveram associados ao uso de óleo de cravo. Valores superiores aos observados nesse estudo foram descritos por Rodrigues et al. (2018) para a goiaba 'Paluma' sob diversas formulações de recobrimento, no qual os valores dessa variável se mantiveram maiores que 0,6 g de ácido cítrico.100g⁻¹ durante todo o período de armazenamento.

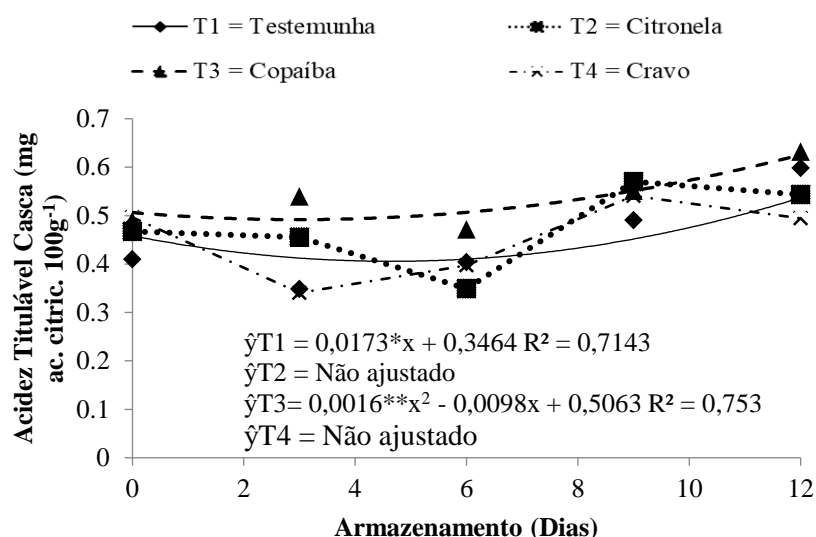


Figura 9. Acidez titulável da casca de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (*C. capitata*).

Os valores encontrados para a acidez titulável da polpa encontrados neste trabalho estão em sua grande maioria acima do valor mínimo do PIQ (Padrão de Identidade e Qualidade), para a polpa de goiaba, que é de 0,4 mg ac. cítrico. 100g⁻¹ (Brasil, 2018). Para a acidez titulável da polpa (Figura 10), observou-se efeito apenas do período de armazenamento. Registrou-se um leve decréscimo até o 6º dia seguido de um aumento no 9º e 12º dia, o que deixou a acidez titulável dos frutos em patamar próximo ao verificado no dia 0. Choudhary e Jain (2018) também observaram uma tendência de frutos de goiaba recobertos com diferentes dosagens de selênio em reduzir sua acidez titulável com o aumento do período de armazenamento.

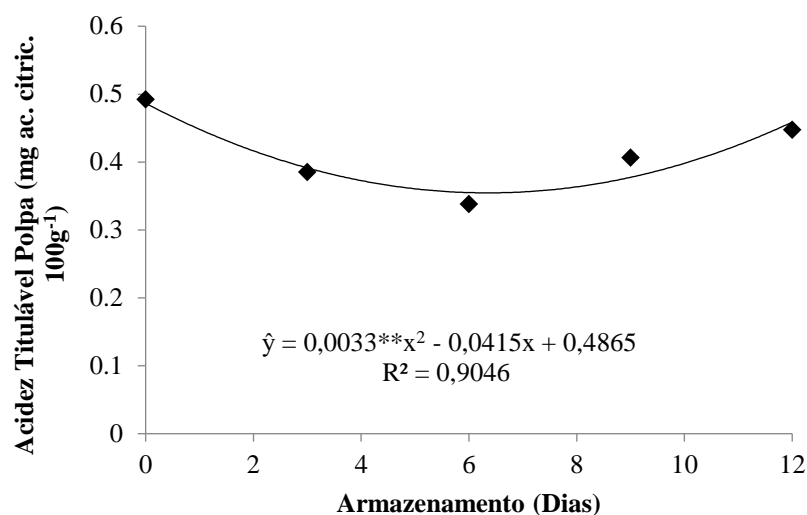


Figura 10. Acidez titulável da polpa de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (*C. capitata*) em função do tempo de armazenamento.

Os teores de ácido ascórbico da casca foram influenciados pelo período de armazenamento e pelos tratamentos (Figura 11). Embora inicialmente a testemunha tenha apresentado os menores valores, ao fim do 12º dia esse tratamento apresentou teores de ácido ascórbico superior aos tratamentos que utilizaram óleos essenciais.

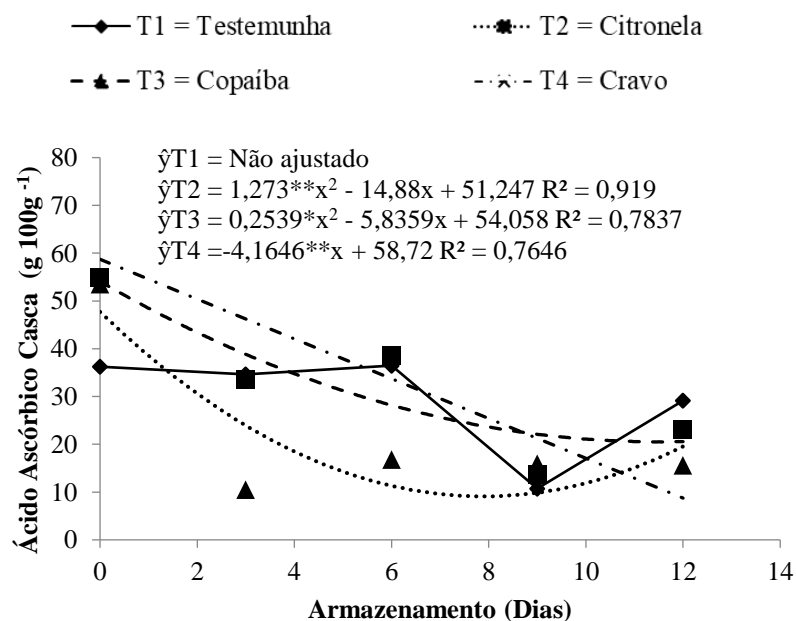


Figura 11. Teor de ácido ascórbico da casca de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (*C. capitata*).

De maneira geral, observou-se redução dessa variável no decorrer do período experimental. Com o aumento do tempo de armazenamento a quantidade de ácido ascórbico na casca decai devido à instabilidade desse composto, principalmente sob armazenamento rigoroso em termos de luz, temperatura, umidade e doenças (Fatemi et al., 2011), o que para o presente trabalho parece ter sido evidenciado mais fortemente pelo óleo de cravo.

Os teores de ácido ascórbico encontrados nesta pesquisa mantiveram-se em sua maioria acima do mínimo exigido pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ), para a polpa de goiaba que é de 24 g.100g⁻¹ (Brasil, 2018). Na polpa dos frutos, os teores de ácido ascórbico assim como observado para a casca, foram influenciados pelo tempo de armazenamento e pelos tratamentos (Figura 12). Resultados contrastantes com os observados por Murmu e Mishra (2018) para a goiaba Cv. Baruipur, que sob diferentes tipos de revestimentos, teve o seu teor ácido ascórbico influenciado apenas pelo período de armazenamento.

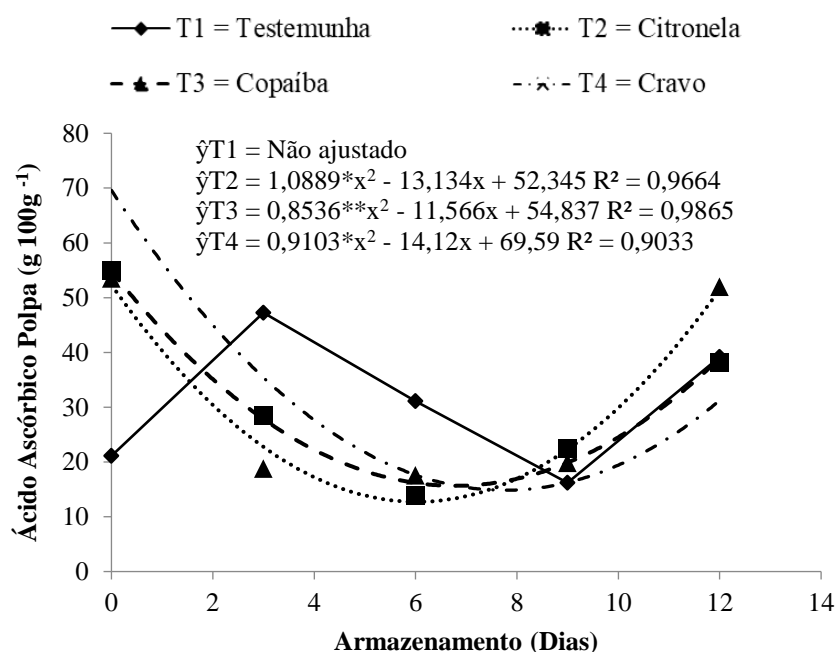


Figura 12. Teor de ácido ascórbico na polpa de frutos de Goiaba tratadas com óleos de Citronela, Cravo e Copaíba para repelência de mosca-das-frutas (*C. capitata*).

No 12º dia, os maiores valores dessa variável foram observados para o tratamento com óleo de citronela, e não para o controle, como visto para a casca dos frutos. Ademais, entre o 9º e o 12º dia observou-se aumento dos teores de ácido ascórbico para todos os tratamentos, tendência diferente do que vinha acontecendo nos dias anteriores.

O tratamento com óleo de citronela no dia 0 exibiu teores de 53,50 mg 100g⁻¹ de ácido ascórbico, e apesar da redução, no 12º apresentou 51,97 mg 100g⁻¹. Dessa forma, mostrou-se

como o tratamento mais eficiente para manter os níveis desse ácido, que é responsável por eliminar os radicais livres no fruto, evitando assim o dano oxidativo e prolongando a vida pós-colheita durante o armazenamento (Nair et al., 2018).

4. CONCLUSÕES

O óleo essencial de citronela (*Cymbopogon nardus*) apresenta maior atividade de repelência sobre as fêmeas de *Ceratitis capitata*.

A aplicação de óleos essenciais não influencia na qualidade dos frutos, pelo contrário, mostra-se como uma estratégia de manutenção da qualidade pós-colheita.

5. REFERÊNCIAS

AQUINO, A. B.; BLANK, A. F.; SANTANA, L. C. L. A. Impact of edible chitosan-cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. **Food chemistry**, v. 171, p. 108-116, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.077>.

ARANCIBIA, M.; RABOSI, A.; BOCHICCHIO, P. A.; MORENO, S.; LÓPEZ CABALLERO, M. E.; GÓMEZ GUILLÉN, M. D. C.; MONTERO GARCÍA, P. Biodegradable films containing clove or citronella essential oils against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **J. Agric. Food. Tech.**, 3(3)1-7, 2013.

BENELLI, G.; FLAMINI, G.; CANALE, A.; CIONI, P. L.; CONTI, B. Toxicity of some essential oil formulations against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera:Tephritidae). **Crop protection**, v. 42, p. 223-229, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.05.024>.

BOTELHO, L. N. S.; ROCHA, D. A.; BRAGA, M. A.; SILVA, A.; ABREU, C. M. P. Quality of guava cv. 'Pedro Sato' treated with cassava starch and cinnamon essential oil. **Scientia horticulturae**, v. 209, p. 214-220, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.06.012>.

BOTELHO, P. S. M.; SILVEIRA NETO, S.; BARBIN, D.; BOREGES, C. G. Teste de atração de *Musca domestica* L. com luzes de diferentes comprimentos de onda. **O Solo**, v. 65, p. 42-45, 1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 37, de 01/10/2018. Parâmetros Analíticos e Quesitos Complementares aos Padões de Identidade e Qualidade de Polpa de Fruta. **Diário Oficial da União**, Brasília: 07 out. 2018. Seção 1, p 23.

- BRITO, C. H. Tratamento térmico para controle de *Ceratitis capitata* em frutos de cajazeira. Areia. 2007. 118p. **Tese (Doutorado em Agronomia)** - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.
- CALBO, A.G.; CALBO, M.E.R. Medição e importância do potencial de parede. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1, n. 1, p. 41-45, 1989.
- CHOI, W. S.; SINGH, S.; LEE, Y. S. Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of 'Formosa' plum (*Prunus salicina* L.). **LWT-Food Science and Technology**, v. 70, p. 213-222, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.036>.
- CHOUDHARY, P.; JAIN, V. Effect of post-harvest treatments of selenium on physico-chemical quality in guava (*Psidium guajava* L.) fruit. **Horticulture International Journal**, v. 2, n. 2, p. 41-44, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15406/hij.2018.02.00024>.
- DOLINSKI, C. Entomopathogenic nematodes against the main guava insect pests. **BioControl**, v. 61, n. 3, p. 325-335, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9695-y>.
- FATEMI, S.; JAFARPOUR, M.; EGHBALESAIED, S.; REZAPOUR, A.; BORJI, H. Effect of essential oils of *Thymus vulgaris* and *Mentha piperita* on the control of green mould and postharvest quality of Citrus Sinensis cv. Valencia. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 66, p. 14932-14936, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.505>.
- GABRIELI, P.; SCOLARI, F. Delivery of nucleic acids through embryo microinjection in the worldwide agricultural pest insect, *Ceratitis capitata*. **Journal of Visualized Experiments**, n. 116, p. e54528, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3791/54528>.
- GAO, Q.; SONG, L.; SUN, J.; CAO, H. Q.; WANG, L.; LIN, H.; TANG, F. Repellent action and contact toxicity mechanisms of the essential oil extracted from Chinese chive against *Plutella xylostella* larvae. **Archives of insect biochemistry and physiology**, v. 100, n. 1, p. e21509, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/arch.21509>.
- GOLDSHTEIN, E.; COHEN, Y.; HETZRONI, A.; GAZIT, Y.; TIMAR, D.; ROSENFELD, L.; HOFFMAN, A.; GRINSHPON Y.; MIZRACH, A. Development of an automatic monitoring trap for Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) to optimize control applications frequency. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 139, p. 115-125, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.04.022>.

GOMES, V. M.; RIBEIRO, R. M.; VIANA, A. P.; SOUZA, R. M.; SANTOS, E. A.; RODRIGUES, D. L.; ALMEIDA, O. F. Inheritance of resistance to *Meloidogyne enterolobii* and individual selection in segregating populations of *Psidium* spp. **European Journal of Plant Pathology**, v. 148, n. 3, p. 699-708, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1128-y>.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL. 1018p. 2008.

IHA, O. K.; MARTINS, G. B.; EHLERT, E.; MONTENEGRO, M. A.; SUCUPIRA, R. R.; SUAREZ, P. A. Extraction and characterization of passion fruit and guava oils from industrial residual seeds and their application as biofuels. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 29, n. 10, p. 2089-2095, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20180083>.

JAMES, M.; MALAN, A. P.; ADDISON, P. Surveying and screening South African entomopathogenic nematodes for the control of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann). **Crop Protection**, v. 105, p. 41-48, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.008>.

JANKOWSKA, M.; ROGALSKA, J.; WYSZKOWSKA, J.; STANKIEWICZ, M. A. Molecular targets for components of essential oils in the insect nervous system: a review. **Molecules**, v. 23, n. 1, p. 34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23010034>.

JOSHI, A. V.; BARAIYA, N. S.; VYAS, P. B.; RAO, T. R. Gum Ghatti Based Edible Coating Emulsion with an Additive of Clove Oil Improves the Storage Life and Maintains the Quality of Papaya (*Carica papaya* L., cv. Madhu bindu). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 5, p. 160-174, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.019>.

Koul, O., Walia, S., & Dhaliwal, G. S. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. **Biopestic Int**, v. 4, n. 1, p. 63-84, 2008.

LEE, J. C.; DALTON, D. T.; SWOBODA-BHATTARAI, K. A.; BRUCK, D. J.; BURRACK, H. J.; STRIK, B. C.; WOLTZ, J. M.; WALTON, V. M. Characterization and manipulation of fruit susceptibility to *Drosophila suzukii*. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 3, p. 771-780, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0692-9>.

LIU, S.; ZHAO, J.; HAMADA, C.; CAI, W.; KHAN, M.; ZOU, Y.; HUA, H. Identification of attractants from plant essential oils for *Cyrtorhinus lividipennis*, an important predator of rice

planthoppers. **Journal of Pest Science**, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1054-1>.

LÓPEZ, S. B.; LÓPEZ, M. L.; ARAGÓN, L. M.; TERESCHUK, M. L.; SLANIS, A. C.; FERESIN, G. E.; ZYGADLO, J. A.; TAPIA, A. A. Composition and anti-insect activity of essential oils from *Tagetes* L. species (Asteraceae, Helenieae) on *Ceratitis capitata* Wiedemann and *Triatoma infestans* Klug. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 10, p. 5286-5292, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf104966b>.

MACIEL, A. A. S.; LEMOS, R. N. S.; ARAUJO, A. A. R.; MACHADO, K. K. G.; SILVA, E. A.; ARAUJO, J. R. G.; MESQUITA, M. L. R. Diversity and infestation indices of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in guava (*Psidium guajava* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 24, p. 2087-2092, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11973>.

MOON, P.; FU, Y.; BAI, J.; PLOTTO, A.; CRANE, J.; CHAMBERS, A. Assessment of fruit aroma for twenty-seven guava (*Psidium guajava*) accessions through three fruit developmental stages. **Scientia Horticulturae**, v. 238, p. 375-383, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.067>.

MURMU, S. B.; MISHRA, H. N. The effect of edible coating based on Arabic Gum, sodium caseinate and essential oil of cinnamon and lemon grass on guava. **Food Chemistry**, v. 245, p. 820-828, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.104>.

NAIR, M. S.; SAXENA, A.; KAUR, C. Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). **Food Chemistry**, v. 240, p. 245-252, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.122>.

PERDONES, A.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; CHIRALT, A.; VARGAS, M. Effect of chitosan - lemon essential oil coatings on storage - keeping quality of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 70, p. 32-41, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.04.002>.

PLATA-RUEDA, A.; CAMPOS, J. M.; ROLIM, G. S.; MARTÍNEZ, L. C.; SANTOS, M. H., FERNANDES, F. L.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Terpenoid constituents of cinnamon and clove essential oils cause toxic effects and behavior repellency response on granary weevil, *Sitophilus granarius*. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 156, p. 263-270, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.033>.

- RANA, S.; SIDDIQUI, S. Comparative effect of different individual wrappings on shelf life of guava (*Psidium guajava*). **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 8, p. 2935-2944, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3211-1>.
- REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. **Annual review of entomology**, v. 57, p. 405-424, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>.
- RIZVI, S. A. H.; LING, S.; TIAN, F.; XIE, F.; ZENG, X. Toxicity and enzyme inhibition activities of the essential oil and dominant constituents derived from *Artemisia absinthium* L. against adult Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). **Industrial Crops and Products**, v. 121, p. 468-475, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.031>.
- ROCHA, L. F.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. C.; SOUTO, A. G. L.; CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, I. H. L.; PEREIRA, W. E. Fruit production and quality of guava 'Paluma' as a function of humic substances and soil mulching. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 36, p. 1962-1969, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2016.15587>.
- RODRIGUES, A. A. M.; SILVA, S. M.; DANTAS, A. L.; SILVA, A. F.; SANTOS, L. S.; MOREIRA, D. N. Physiology and postharvest conservation of 'Paluma' guava under coatings using Jack fruit seed-based starch. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018352>.
- SANGSUWAN, J.; PONGSAPAKWORAWAT, T.; BANGMO, P.; SUTTHASUPA, S. Effect of chitosan beads incorporated with lavender or red thyme essential oils in inhibiting *Botrytis cinerea* and their application in strawberry packaging system. **LWT-Food Science and Technology**, v. 74, p. 14-20, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.021>.
- SHIRZADEH, E.; KAZEMI, M. Effect of salicylic acid and essential oils treatments on quality characteristics of apple (*Malus domestica* Var. Granny Smith) fruits during storage. **Asian Journal of Biochemistry**, v. 7, n. 3, p. 165-170, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajb.2012.165.170>.
- SIVAKUMAR, D.; BAUTISTA-BAÑOS, S. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. **Crop Protection**, v. 64, p. 27-37, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.05.012>.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo. 1967. 428 p.

WANG, L.; LUO, Y.; WU, Y.; WU, Z. Impact of fermentation degree on phenolic compositions and bioactivities during the fermentation of guava leaves with *Monascus anka* and *Bacillus* sp. **Journal of Functional Foods**, v. 41, p. 183-190, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.044>.

YADAV, S. K.; SAROLIA, D. K.; PILANIA, S.; MEENA, H. R.; MAHAWER, L. N. Studies on keeping quality of preserved guava pulp during storage. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 3, p. 1235-1242, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.142>.